





g. 146.

ANNALES
DES
SCIENCES NATURELLES

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE ET LA CLASSIFICATION
DES VÉGÉTAUX VIVANTS ET FOSSILES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. PH. VAN TIEGHEM

TOME VI. — N^{os} 1, 2 et 3.



PARIS

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1897

PARIS, 30 FR. — DÉPARTEMENTS ET ÉTRANGER, 32 FR.

Ce cahier a été publié en août 1898.

Les *Annales des sciences naturelles* paraissent par cahiers mensuels.

BOTANIQUE

Publiée sous la direction de M. PH. VAN TIEGHEM.

L'abonnement est fait pour 2 volumes, chacun d'environ 400 pages, avec les planches et les figures dans le texte correspondant aux mémoires.

Ces volumes paraissent en plusieurs fascicules dans l'intervalle d'une année.

Les tomes I à V sont complets.

ZOOLOGIE

Publiée sous la direction de M. A. MILNE-EDWARDS.

L'abonnement est fait pour 2 volumes, chacun d'environ 400 pages avec les planches correspondant aux mémoires.

Ces volumes paraissent en plusieurs fascicules dans l'intervalle d'une année.

Les tomes I à V sont complets.

Prix de l'abonnement à 2 volumes :

Paris : 30 francs. — Départements et Union postale : 32 francs.

ANNALES DES SCIENCES GÉOLOGIQUES

Dirigées, pour la partie géologique, par M. HÉBERT, et pour la partie paléontologique, par M. A. MILNE-EDWARDS.

L'abonnement est fait pour un volume d'environ 300 pages, publié en plusieurs fascicules dans le courant d'une année.

Prix du volume :

Paris : 15 fr. — Départements : 16 fr. — Union postale : 17 fr.
Le tome XXII est publié.

Prix des collections.

PREMIÈRE SÉRIE (Zoologie et Botanique réunies), 30 vol.	(Rare).
DEUXIÈME SÉRIE (1834-1843). Chaque partie 20 vol.	250 fr.
TROISIÈME SÉRIE (1844-1853). Chaque partie 20 vol.	250 fr.
QUATRIÈME SÉRIE (1854-1863). Chaque partie 20 vol.	250 fr.
CINQUIÈME SÉRIE (1864-1874). Chaque partie 20 vol.	250 fr.
SIXIÈME SÉRIE (1875 à 1884). Chaque partie 20 vol.	250 fr.
SEPTIÈME SÉRIE (1885 à 1894). Chaque partie 20 vol.	300 fr.
GÉOLOGIE, 22 volumes.	330 fr.

ANNALES
DES
SCIENCES NATURELLES
HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

CORBEIL. — IMPRIMERIE CRÉTÉ.

ANNALES
DES
SCIENCES NATURELLES
HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE ET LA CLASSIFICATION
DES VÉGÉTAUX VIVANTS ET FOSSILES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. PH. VAN TIEGHEM

TOME VI



PARIS
MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, Boulevard Saint-Germain

1897

RECHERCHES

ANATOMIQUES ET TAXINOMIQUES

SUR LES ROSIERS

PAR

Paul PARMENTIER

INTRODUCTION.

Il n'est peut-être pas de genre en botanique sur lequel on ait plus écrit que sur le genre *Rosa*. Les travaux dont il a été l'objet sont innombrables, mais aucun d'eux n'a traité à l'anatomie.

En présence des contradictions multiples que l'on rencontre dans les ouvrages de spécialistes éminents, tels que Christ, Déséglise, Dumortier, MM. Crépin et E. Burnat, et des divergences de vue auxquelles l'espèce a donné lieu, il m'a semblé qu'une revision anatomique de toutes les espèces devenait indispensable. C'est le résultat de ces recherches que je vais exposer dans ce mémoire.

Il me paraît superflu de faire ressortir l'importance de ma tâche, qu'aucun anatomiste n'avait osé entreprendre jusqu'ici, en raison, sans doute, de la grande somme d'efforts et du temps qu'elle exigeait.

J'ai examiné les organes végétatifs de toutes les espèces, de la racine au pédoncule floral inclusivement, et ce sur de nombreux échantillons, de provenances très diverses et

déterminés par le savant rhodologue belge, M. Crépin. Les matériaux dont je me suis servi offraient donc toutes les conditions désirables pour donner aux caractères taxinomiques une valeur précise et indiscutable.

Je ne me suis attaché qu'à l'étude des *types spécifiques*, les seuls réellement intéressants dans la foule des représentants du genre. Les formes secondaires, les nombreux micromorphes qui s'y rapportent ne sont ordinairement jamais caractérisés par l'anatomie. Quand les espèces sont bien connues, il devient relativement facile de rattacher à chacune d'elles, avec leur importance respective, les formes qu'elles ont engendrées.

Avant de lire le chapitre relatif à la discussion des types spécifiques, je prie le lecteur de prendre connaissance de celui où je traite de l'*espèce* au point de vue général (1). Il pourra ainsi se faire une idée assez nette de l'entité spécifique telle qu'elle doit être adoptée en botanique; entité établie à la fois sur les données anatomiques et morphologiques, c'est-à-dire sur tous les organes de la plante. Cette lecture le mettra à même de comprendre la raison d'être de mes réductions spécifiques. Il faut bien se pénétrer de cette vérité, rigoureusement scientifique, qu'*il est impossible de déterminer l'espèce sans le concours des caractères anatomiques*.

Certains floristes trouveront peut-être matière à critique dans l'ordre suivant lequel les formes secondaires ont été énumérées (2), ainsi que sur la valeur respective de ces diverses formes; d'une variété, ils voudront faire une sous-espèce et réciproquement. Je ne m'oppose pas à ces petites modifications, attendu qu'elles sont du domaine presque exclusif de la *morphologie externe*, et qu'elles sont en quelque sorte subordonnées à l'appréciation de chacun. Mais je ne saurais offrir la même complaisance en ce qui concerne les espèces primaires ou définitives et les espèces morphologiques, pour

(1) Voy. p. 29.

(2) Voy. Tableau récapitulatif, 3^e et 4^e colonnes, p. 114.

lesquelles, le cas échéant, je réserve mes raisons justificatives.

J'adresse à M. Crépin l'expression de ma plus vive reconnaissance pour l'empressement désintéressé qu'il a mis à me fournir mes matériaux d'étude et pour le gracieux hommage qu'il m'a fait de la plupart de ses beaux et remarquables travaux sur les Roses.

Je remercie également MM. E. Burnat, docteur X. Gillot et Amb. Gentil d'avoir bien voulu m'offrir un exemplaire de leurs sérieuses et patientes recherches rhodologiques, ainsi que M. Maurice de Vilmorin pour ses nombreux envois de Roses fraîches.

Baume-les-Dames, janvier 1898.

PAUL PARMENTIER.

PLAN DE L'OUVRAGE

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE I^{er}. — 1. Caractères anatomiques du genre, p. 5.

2. Remarques sur ces caractères, leur importance taxinomique, p. 10.

a. Stipules, p. 10.

b. Marche des faisceaux libéro-ligneux dans le rachis médian de la feuille, p. 12.

c. Tannin et cristaux d'oxalate de calcium, p. 12.

d. Épidermes foliaires. Gomme, p. 14.

e. Stomates, p. 15.

f. Mésophylle, p. 16.

g. Collenchyme, p. 17.

h. Fibres péridermiques des nervures et du pétiole terminal, p. 17.

i. Périoderme de la tige, p. 18.

j. Liber et fibres libériennes de la tige, p. 19.

k. Vaisseaux ligneux de la tige, p. 21.

l. Cellules médullaires de la tige et du pédoncule floral, p. 22.

m. Poils épidermiques (simples, glandulifères, cellules piliformes), p. 22.

n. Pollen, p. 23.

CHAPITRE II. — 1. Influence de la culture sur les caractères anatomiques, p. 23.

2. Influence de l'altitude sur les caractères anatomiques, p. 26.

CHAPITRE III. — L'espèce végétale en classification naturelle, p. 29.

— IV. — Les hybrides. Leurs caractères anatomiques, p. 41.

— V. — Existe-t-il des caractères anatomiques de sections? p. 49.

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE VI. — Recherches sur la valeur taxinomique des sections et des espèces établies par M. Crépin, et essai d'une classification naturelle de ces espèces, p. 52.

TROISIÈME PARTIE

CHAPITRE VII. — Recherches généalogiques sur les sections, p. 116.

QUATRIÈME PARTIE

CHAPITRE VIII. — Description anatomique des espèces proprement dites et des espèces morphologiques, p. 124.

REMARQUE IMPORTANTE.

Pour déterminer, d'une façon précise, les dimensions relatives des cellules de l'épiderme supérieur de la feuille, j'ai adopté le procédé suivant. J'ai découpé, dans une feuille de papier bristol, un carré de trois centimètres de côté, puis, plaçant ce carré sur mes dessins d'épidermes, j'ai compté le nombre de cellules *complètes* qu'il recouvrait. Cette opération m'a permis d'établir les quatre grandeurs suivantes :

Cellules très grandes.....	3-4
— grandes.....	5-6
— moyennes.....	7-9
— petites.....	10-12

Ce procédé m'a fourni des renseignements très importants.

Les cellules de l'épiderme inférieur et celles de la moelle, étant souvent très inégales sur le même dessin, ont été classées par comparaison approximative avec celles de types connus. Les figures 70, 49, 32, 17 et 14 représentent des épidermes inférieurs à cellules *très grandes*, *grandes*, *moyennes* et *petites*. Les figures 37, 22, 33, 13 indiquent la même gradation pour les cellules médullaires de la tige. Les fi-

gures 25, 36, 63 permettront aussi d'apprécier les dimensions des cellules de la moelle du pédoncule floral.

Les dessins des tissus et organes identiques ont toujours été exécutés d'après le même grossissement. Les coupes microscopiques de la feuille ont été prises assez exactement aux mêmes points sur les divers échantillons.

Tous mes dessins ont été pris sur des rameaux florifères. Ceux de la feuille ne se rapportent qu'à la foliole *terminale*. Le mésophylle et les épidermes des folioles latérales sont identiques à ceux de la précédente. Il n'en est pas toujours ainsi, au point de vue des caractères quantitatifs, avec les feuilles des rameaux non florifères.

Enfin, mes recherches ont été synthétisées sur plus de 5 000 dessins anatomiques et avec le concours *indispensable* des caractères morphologiques.

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE I

1. CARACTÈRES ANATOMIQUES DU GENRE.

A. *Feuille*. — Poils simples, 1-cell., à parois ordinairement épaisses et lisses, à lumen étroit, nul ou rarement large, rectilignes ou plus ou moins serpentiformes, nombreux, rares ou nuls. Poils glandulifères courts, trapus, nuls ou abondants, à adénophore plurisérié (fig. 38 et 34), jaune brun, à glande multicellulaire et rouge carmin au début, devenant brune vers la fin de son activité. Épiderme supérieur recticurviligne, rarement onduleux (fig. 86), à cellules larges et épaisses (*Caninæ*) ou petites et moins épaisses (*Sericeæ*, *Microphyllæ*, espèces d'autres sections), renfer-

mant de la gomme contre leur paroi supérieure (fig. 29). Épiderme inférieur recticurviligne, subonduleux ou onduleux, à cellules de dimensions variables, grandes (*Caninæ*) ou étroites (*Sericæ*, *Bracteataæ*, *Microphyllæ*, la plupart des *Synstylæ*), rarement gummifères. Stomates nuls sur l'épiderme supérieur (excepté *R. berberifolia* Pallas), nombreux ou répartis par groupes à l'angle ou le long des nervures, répondant invariablement au type *renonculacé*, c'est-à-dire entourés de 4-5 cellules irrégulièrement disposées, d'une longueur oscillant entre 22 et 40 μ , s'ouvrant ordinairement au niveau épidermique, jamais exserts et rarement inclus, orientés de diverses manières. Mésophylle bifacial, quelquefois subcentrique et très rarement centrique, composé ordinairement de 5-7, rarement 4-8 assises de cellules, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant $1/2$ - $2/3$, rarement $1/3$ - $3/4$ de l'épaisseur totale, jamais nulles. Parenchyme spongieux plus ou moins lacuneux. Nervures secondaires à faisceau libéro-ligneux toujours simple, non immergé, pourvu ou dépourvu de fibres mécaniques en dessous. Parenchymes supérieur et inférieur clairs, très collenchymatoïdes à la périphérie. Nervure médiane (fig. 65) à faisceau libéro-ligneux simple, 1-collatéral, non immergé, disposé en arc ouvert en haut, à périodesme ordinairement mécanique, complètement enveloppé par l'endoderme, parenchyme pseudo-médullaire plus ou moins sclérifié; parenchymes supérieur et inférieur très collenchymatoïdes dans leurs 2-3 assises périphériques (fig. 65), l'inférieur à cellules plus larges, à contour ordinairement polygonal dans sa région endodermique. Pétiole terminal creusé supérieurement d'une gouttière plus ou moins profonde, dont chaque aile renferme 1-2 petits faisceaux libéro-ligneux, renforcés extérieurement par des fibres mécaniques; faisceau libéro-ligneux principal unique en apparence, en arc, normalement orienté, 1-collatéral, à périodesme ordinairement mécanique; parenchyme pseudo-médullaire plus ou moins sclérifié; épiderme à cellules

petites, saillantes extérieurement, surtout en dessous et sur les côtés du pétiolule ; parenchyme cortical composé de 5-7 assises de cellules, les 2-4 externes collenchymatoïdes au dos, sur les côtés de l'organe ainsi que dans les pointes des ailes, l'externe seule ou rarement 2 collenchymatoïdes sous la gouttière ; le reste du parenchyme à cellules plus grandes, à section transversale plus ou moins polygonale, claires, excepté dans les ailes où les grains de chlorophylle forment une bande descendant sur les côtés du pétiolule. Pétiole, à sa base, beaucoup plus aplati et à gouttière supérieure très élargie, renfermant 3-5 faisceaux libéro-ligneux en arc, complètement enveloppés de prosenchyme à parois épaisses ; parenchyme cortical à cellules petites et collenchymatoïdes dans ses 3-4 assises périphériques, à cellules un peu plus larges (coupe transversale) et moins collenchymatoïdes dans ses 2-3 assises externes supérieures, le reste du parenchyme cortical à grandes cellules à parois ordinairement de moyenne épaisseur.

B. *Tige*. — *Coupe transversale*. — Cuticule ordinairement très épaisse (fig. 27 et 34) ; épiderme à cellules petites, longtemps persistantes, renfermant souvent, à l'état frais, une substance rouge carmin, identique à celle des poils glandulifères. Péricycle d'origine épidermique, débutant très irrégulièrement et jamais pendant la première année ; parenchyme cortical composé de 10-20 assises de cellules allongées tangentiellement, renforcé extérieurement de massifs collenchymateux plus ou moins saillants vers le centre, chlorophyllien entre les massifs et dans les 2-3 assises qui leur sont sous-jacentes, le reste à parois plus épaisses et à cellules plus grandes. Péricycle sclérifié par places et formant avec le liber primaire des îlots souvent puissants. Liber secondaire plus ou moins corné, pourvu ou dépourvu de fibres mécaniques isolées dans sa moitié externe.

Plan ligneux du bois secondaire. — Parenchyme ligneux nul, vaisseaux à contour ordinairement circulaire ou obscurément polygonal, répartis sans ordre apparent dans

les espaces interradiaires ; fibres ligneuses à parois épaisses, disposées en séries rayonnantes, rayons médullaires de deux sortes, les uns larges et en coin, formés par 2-4 files de cellules, à contenu incolore, les autres 1-sériés, plus nombreux, inégalement distants et de longueur variable, à cellules moins larges, mais souvent plus longues. Zones annuelles très distinctes. Moelle abondamment développée composée d'amas irréguliers de petites cellules tannifères, polygonales et à parois assez épaisses, et de cellules parfois très grandes, à parois minces.

Coupe radiale. — Cellules collenchymateuses 1-4 fois plus grandes que leurs voisines du parenchyme cortical, largement tronquées à leurs extrémités et non en pointes. Cellules du parenchyme cortical plus ou moins ovales dans sa moitié externe, et plus grandes dans l'autre moitié, à parois lisses. Prosenchyme péricyclique(1) à fibres très allongées et fusiformes. Éléments du liber inégalement épaissis. Fibres ligneuses à ponctuations obliques et finement aréolées ; vaisseaux du bois secondaire à ponctuations simples, plus fréquemment aréolées, à diaphragmes percés d'une seule et large ouverture ovale ou circulaire. Rayons médullaires à cellules ordinairement rectangulaires, le grand côté dirigé le plus souvent perpendiculairement à l'axe de la tige, à parois percées de ponctuations simples. Vaisseaux tannifères de la moelle simples ou plus ou moins anastomosés, à diaphragmes rapprochés, minces et entiers ; cellules médullaires plus ou moins rectangulaires, le grand côté ordinairement perpendiculaire à l'axe de la tige.

Coupe tangentielle. — Rayons médullaires bi-convexes, très inégaux et entre-croisés, les plus larges étant les plus longs, à cellules irrégulièrement polygonales.

Cristaux d'oxalate de calcium prismatiques, entremêlés d'oursins et de sphérîtes, abondamment répartis dans tous les organes. Le premier type existe exclusivement sous les

(1) Ce prosenchyme comprend le péricyclique et le liber primaire

épidermes, surtout l'inférieur, des nervures foliolaires; il est mélangé aux deux autres dans le parenchyme cortical de la tige. Les oursins et les sphérites prédominent ou existent seuls à la base du pétiole, dans la moelle de la tige et du pédoncule floral.

C. *Racine*. — 1° *Jeune* (coupe transversale). Assise épidermoïdale et zone corticale externe exfoliées; zone corticale interne en voie d'exfoliation de bonne heure. Périoderme d'origine endodermique. Péricycle renfermant quelques rares fibres mécaniques (fig. 1); liber clair et mince à larges éléments. Cylindre central coupé par quelques rayons médullaires très larges, plurisériés et en coin; bois en voie de sclérification. Moelle nulle (fig. 1).

Pour les coupes radiale et tangentielle voir les figures types 2 et 3, pl. I.

2° *Agée* (coupe transversale). Parenchyme cortical ordinairement exfolié subsistant très rarement (*R. lucida*). Périoderme d'origine endodermique; péricycle ne comprenant qu'une assise cellulaire (fig. 4) à parois restées minces. Liber primaire complètement sclérifié; liber secondaire renfermant de nombreux îlots de fibres mécaniques dans sa moitié externe, avec larges cellules à parois minces dans sa moitié interne. Rayons médullaires très larges et en coin, s'étendant depuis le péricycle jusqu'à la face interne du cylindre central. Plages ligneuses répondant au plan de celles de la tige; vaisseaux très nombreux; moelle nulle (*R. rugosa*, *R. Jundzilli*, *R. multiflora*, etc.) ou abondante et identique à celle de la tige (*R. Beggeriana*, *R. lucida*, *R. acicularis*, *R. xanthina*, *R. blanda*, *R. rubrifolia*, etc., fig. 6). Cristaux prismatiques dans le parenchyme cortical et la portion libérienne des rayons médullaires. Vaisseaux à ponctuations aréolées et à diaphragmes percés d'une seule et large ouverture (coupe radiale).

D. *Pédoncule floral*. — Parenchyme cortical identique à celui de la tige, avec collenchyme périphérique disposé en massifs isolés ou en couronne plus ou moins continue. Fais-

ceaux libéro-ligneux distincts disposés sur un ou plusieurs cercles, en nombre variable ; péricycle ordinairement sclérifié au pôle libérien des faisceaux ; cellules tannifères médullaires peu ou pas différenciées (fig. 62 et 63).

2. REMARQUES SUR LES CARACTÈRES ANATOMIQUES ; LEUR IMPORTANCE TAXINOMIQUE.

a. *Stipules*. — Sans entrer dans les longs et intéressants détails donnés par M. G. Colomb sur la nature des stipules et sur leur comparaison avec les ligules (1), je crois utile, pour mémoire, de rappeler la définition qu'il nous donne de la stipule. « On appelle *stipule* tout appendice inséré sur la tige et dont le système vasculaire est exclusivement formé de dérivations empruntées aux faisceaux foliaires, ayant que ceux-ci soient sortis de l'écorce. » L'auteur ajoute, plus loin, qu'« en sciences naturelles, il n'existe pas de règle absolue. Aussi n'a-t-il pas la prétention de penser que la définition qu'il donne de la stipule renferme tous les cas possibles. Cependant il la croit assez générale parce que les stipules vraies qui pourront être étudiées par la suite et qui ne rentreront pas dans la règle générale seront en très petit nombre ».

Ce correctif à la définition précitée avait sa raison d'être. Je ne passerai pas en revue, dans ce mémoire d'un caractère spécial, toutes les stipules de plantes diverses, dont la nervation ne répond pas à la définition de M. Colomb ; je n'examinerai ici que les stipules des Roses, de ce genre si riche en représentants.

Dans une note antérieure sur le *Rosa berberifolia* Pallas (2), j'ai indiqué, avec figures à l'appui, comment les faisceaux

(1) G. Colomb, 1^{re} *Étude anatomique des stipules* (in Bull. Soc. bot. de France, t. VIII, 2^e série, 1886). — 2^e *Recherches sur les stipules* (in Ann. sc. nat., 7^e série, t. VI, 1887).

(2) P. Parmentier., *Recherches anatomiques et taxinomiques sur le Rosa BERBERIFOLIA* Pall. (in Bull. Soc. roy. de Belgique, t. XXXVI, p. 24-33, 1897).

ligneux foliaires, au nombre de trois, se détachaient du cylindre central de la tige, pour devenir, l'un le faisceau médian, Md, l'autre le faisceau latéral droit, D, et le troisième, le faisceau latéral gauche du pétiole, G (fig. 9, *a, b, c, d, e, f*). En m'appuyant sur la définition de M. Colomb, j'ai démontré que les aiguillons basipétiolaires Ad et Ag, considérés par certains botanistes comme des stipules différenciées, n'avaient aucune relation avec le pétiole et étaient complètement dépourvus de faisceaux vasculaires. J'ai fait remarquer aussi que l'existence de ces aiguillons géminés n'était pas constante et que parfois la feuille en était dépourvue à sa base, qu'en un mot, ils ne rappelaient en rien les stipules. Le pétiole des représentants du sous-genre des *Stipulæ* ne possède aussi que trois faisceaux libéro-ligneux, dont la sortie de la tige s'effectue identiquement comme chez *R. berberifolia* l'unique représentant du sous-genre des *Exstipulæ*, avec cette différence cependant que les faisceaux caulinaires, placés entre le faisceau médian et chacun des faisceaux latéraux de gauche et de droite du pétiole, sont en nombre variable et inconstant (1 à 7). Chez la plupart des *Caninæ*, il y en a ordinairement six. Lorsque le faisceau médian s'est détaché du cylindre central, ses deux voisins, en contact avec lui, se rapprochent tout en s'arquant extérieurement pour produire en commun l'appareil vasculaire du bourgeon axillaire. Cet appareil, une fois formé et devenu distinct, les deux faisceaux réparateurs précédents (R) fournissent un troisième faisceau qui, cette fois, les séparera en restant dans le cylindre central. Il n'existe donc, je le répète, que trois faisceaux à la naissance du pétiole (fig. 7), lesquels ne sortent jamais de cet organe ni du rachis médian. Je n'ai jamais rencontré trace des faisceaux libéro-ligneux stipulaires décrits par M. Colomb. La figure 7 nous représente, à la base du pétiole, les trois faisceaux, M, D et G, assez distants l'un de l'autre et d'autant plus que cette base est plus large. Le faisceau M ne subit aucune modification; les deux latéraux, D et G, ne tardent pas à se rapprocher de M pour se souder à lui et constituer,

dans le rachis et le pétiole terminal, un arc vasculaire indivisé et puissant. Mais avant d'opérer cette fusion, D et G donneront chacun un ou deux petits faisceaux latéro-supérieurs *lsd* et *lsg*. Ce sont ces derniers seuls qui, sur leur parcours le long de la région stipulaire, fourniront extérieurement, en des points inéquidistants, les petits faisceaux et veinules anastomosées des expansions stipulaires.

b. *Marche des faisceaux dans le rachis médian.* — Nous constatons enfin, dans le rachis devenu libre, un appareil vasculaire arqué et ouvert en haut, composé d'un gros faisceau principal, M', et de 2-4 faisceaux latéro-supérieurs. Le principal a été, nous l'avons vu, formé par la réunion des faisceaux M, D et G. Les autres sont les faisceaux latéro-supérieurs, *lsd* et *lsg*, issus de D et de G. Un peu au-dessus du point d'insertion de la première paire de folioles latérales, le faisceau *lsd*, par exemple, se rapproche de M' pour se souder à lui. Peu après, au point de soudure, commence à apparaître le faisceau foliolaire droit *f*, *fol. d.*, en même temps que se détache à nouveau le faisceau *lsd* pour continuer, comme avant, sa course dans le rachis. Pareil phénomène se produit pour la foliole latérale gauche et les paires suivantes. Chaque faisceau foliolaire latéral ne tarde pas à donner naissance à deux faisceaux pétioleulaires latéro-supérieurs, qui sont les homologues de ceux du pétiole terminal (fig. 8).

c. *Tannin et cristaux d'oxalate de calcium.* — Le tannin est abondamment répandu dans tous les organes de la plante. Mais pour le mettre en évidence il faut avoir recours aux réactifs spéciaux. Le perchlorure de fer des officines à 30 degrés, étendu de moitié d'eau, précipite le tannin en noir. Je ne conseille pas ce réactif à cause de sa grande diffuence, surtout lorsqu'il s'agit de rechercher les éléments dans lesquels le tannin est localisé. Le bichromate de potasse lui est de beaucoup préférable. Ce réactif précipite le tannin en brun roux et révèle son existence sans aucune diffusion.

C'est surtout dans la tige que le tannin abonde. Les cellules épidermiques en accusent déjà la trace. Le collenchyme

sous-jacent, la moitié interne du parenchyme cortical en possèdent aussi. Mais c'est dans le liber, les rayons médullaires et la moelle que le tannin est surtout localisé. Dans la moelle, il circule dans de véritables vaisseaux qui présentent les particularités suivantes. Vus en section transversale (fig. 22, 33, etc.), ces vaisseaux sont beaucoup plus étroits que les cellules médullaires, leurs parois sont aussi plus épaisses et ne portent aucunes ponctuations simples. Vus en coupe radiale, ils ont un parcours très irrégulier, s'anastomosent ordinairement ensemble, et les cellules qui les composent ont conservé leurs parois diaphragmatiques. Ces vaisseaux fermés contiennent aussi d'innombrables et fines gouttelettes d'une substance très réfringente et de couleur jaunâtre. Les cellules médullaires possèdent souvent cette substance, et ont toujours leurs parois munies de ponctuations simples.

La structure de la moelle des *Rosa*, ainsi que la disposition des vaisseaux tannifères constituent un caractère générique de premier ordre.

L'oxalate de calcium existe sous forme de petits cristaux prismatiques très nombreux sous les épidermes, notamment l'inférieur et dans les nervures de la feuille. Ces cristaux peuvent se montrer associés à des sphérîtes ou à des oursins dans les conjonctifs de la nervure médiane, du rachis médian, ainsi que dans le parenchyme cortical de la tige et la partie libérienne des rayons médullaires. Les oursins et les sphérîtes se rencontrent ordinairement seuls dans le pédoncule floral, à la base du pétiole et dans la moelle de la tige. Cette dernière n'en renferme que très peu. Le liber de la nervure médiane, des pétiolules et du rachis renferme presque toujours, dans sa moitié supérieure, contiguë au bois, d'assez nombreux petits cristaux prismatiques simples ou maclés en oursins. Ces diverses formes cristallines existent déjà dans les très jeunes bourgeons du printemps, sous les épidermes de feuilles non encore épanouies. Les sphérîtes semblent s'être développés les premiers ; en tous cas, ils

prédominant considérablement à l'extrémité des rameaux en voie de développement.

Au point de vue physiologique, on pense que la chaux, dissociée de l'acide oxalique, sert de véhicule aux hydrates de carbone sous forme d'hydrocarbonates de calcium. Tandis qu'au point de vue biologique, l'oxalate de calcium servirait, comme la silice qu'on rencontre dans les membranes épidermiques, à protéger les plantes contre les atteintes des animaux et des champignons (1).

Le rôle de l'oxalate de calcium dans le végétal a donné lieu à plusieurs hypothèses contradictoires. Aë considère ce sel comme matière de réserve. M. Wehmer (2) ayant repris sur le *Crataegus oxyacantha*, les expériences d'Aë, émet une opinion toute contraire. Pour lui, l'oxalate de calcium est un excrétat. Ce savant a probablement raison si l'on considère que l'oxalate de calcium persiste entièrement dans les feuilles mortes et les parties exfoliées par formation de liège. Il paraît aussi se former à l'endroit où on le rencontre et son abondance est aussi grande en avril qu'en décembre.

L'existence de ce sel, son abondance excessive, ainsi que son mode de cristallisation chez tous les *Rosa*, constitue un excellent caractère générique.

d. *Épidermes foliolaires. Gomme.* — Les cellules des épidermes foliaires, notamment celles de l'épiderme supérieur, considérées dans leurs dimensions *superficielles*, constituent, chez les *Rosa*, un caractère spécifique de premier ordre, auquel, jusqu'au début de ces présentes recherches, je n'avais jamais attaché grande importance. Ce n'est qu'après avoir examiné de nombreux échantillons relatifs à chaque espèce et avoir appliqué aux épidermes ma méthode de mensuration, qu'il m'a été possible d'apprécier ce caractère nouveau à sa juste valeur, lequel, dans certains cas, cons-

(1) Voy. *Revue des travaux de physiologie et de chimie végétales* (in Rev. gén. de Bot., t. II, 1890, p. 334).

(2) Wehmer, *Das Calcium Oxalat der oberirdischen Theile von CRATÆGUS OXYACANTHA* (in Herbst und Frühjahr. — Berichte der Deut. bot. Ges., juin 1889).

titue une véritable allure épharmonique. Ainsi toutes les *Caninæ* ou à peu près, les *Stylosæ* et les *Gallicæ* ont les cellules épidermiques grandes. Les *Sericæ* et les *Microphyllæ* les ont au contraire petites. Au lieu d'intéresser des sections entières, cette allure peut ne porter que sur de petits groupes d'espèces affines, ce qui permet, dans une certaine mesure, de grouper les espèces d'après leur lien de parenté.

La plupart des représentants du genre possèdent de la gomme dans leurs épidermes foliaires. Cette substance est ordinairement appliquée contre la face externe des cavités cellulaires ; elle donne ainsi l'illusion d'épidermes composés. L'épiderme inférieur en est souvent dépourvu, ou du moins la gomme y existe en si faible quantité que l'on peut très bien ne pas la distinguer.

L'existence de la gomme dans les cellules épidermiques des *Rosa*, constitue aussi un bon caractère générique.

e. *Stomates*. — La structure et le mode de développement de l'appareil stomatique sont uniformes chez toutes les Roses. Ils représentent également un excellent caractère générique. La longueur absolue des stomates, ainsi que leur surface comparée à celle des cellules environnantes, facilitent beaucoup la distinction de nombreuses espèces. Ces données, véritables allures épharmoniques, fournissent en outre de précieuses indications sur les affinités réciproques des sections du genre. Ainsi toutes les *Caninæ*, les *Gallicæ*, *Stylosæ* et *Indicæ* ont les stomates très longs (30-40 μ). Les *Synstylæ*, les *Banksiæ*, les *Minutifoliæ*, *Bracteataæ* et les *Microphyllæ* les ont au contraire petits, inférieurs à 30 μ . La longueur de l'appareil stomatique devient plus variable dans les autres sections. Par ce caractère, les *Cinnamomeæ* sembleraient se rapprocher davantage des *Caninæ* que les *Carolinæ*. Chez celles-ci la longueur du stomate dépasse très rarement 30 μ , tandis que chez les *Cinnamomeæ*, elle peut osciller entre 23 et 38 μ . Je ferai remarquer qu'il s'agit ici d'un écart relatif entre espèces plus ou moins éloignées

dans la section, et non entre individus d'une même espèce.

f. *Mésophylle*. — Je n'ai jamais rencontré de genre plus homogène que le genre *Rosa* au point de vue de la structure du mésophylle. Qu'il s'agisse d'espèces de la montagne ou de la plaine, elles présentent presque toujours un mésophylle bifacial, avec 2-3 assises de palissades, très rarement moins ou davantage, remplissant $1/2$ - $2/3$ de l'épaisseur totale. Le parenchyme en palissade ne fait jamais défaut, et les espèces à type centrique, celles chez lesquelles toutes les assises du mésophylle sont transformées en palissades, sont l'exception (*R. Watsoniana*, *R. lacerans*, *R. Vesquensis*, spec. nov. et *R. Ecae* Aitch.). Il en est d'autres, également peu nombreuses, qui répondent au type subcentrique, chez lesquelles les palissades existent sous les deux épidermes. Les cellules de l'assise inférieure du parenchyme spongieux se sont allongées perpendiculairement à l'épiderme pour former une assise de palissades ordinairement peu compactes. Un mésophylle *centrique* constitue, chez les Roses, un caractère *qualitatif* sérieux, tandis qu'un mésophylle subcentrique, étant donné son peu de persistance, n'est jamais un caractère spécifique suffisant pour différencier une espèce. L'existence de l'assise de palissades sous-jacente à l'épiderme inférieur est sous la dépendance du milieu; elle se développera si les conditions de lumière et l'orientation des feuilles lui sont favorables.

Le type centrique étant écarté, l'étude du mésophylle nous révèle donc une très grande homogénéité biologique et une parenté très intime entre tous les représentants du genre. Le botaniste le plus enclin à multiplier les espèces, se trouve infailliblement arrêté en présence de cette action si uniforme et si admirable de la nature, action qu'il ne rencontre que dans les genres à espèces la plupart mal définies. Et si ce botaniste descripteur est doublé d'un anatomiste consciencieux et expérimenté, le doute envahira son esprit en le plaçant dans l'alternative de méconnaître les créations spécifiques qu'il aurait été tenté de faire avec le seul concours

de la morphologie. Je reviendrai plus loin sur cette importante question.

g. *Collenchyme*. — Ce tissu existe sans exception chez tous les représentants du genre. On le rencontre en massifs puissants, dès le début de la végétation, dans les jeunes pousses. A deux ou trois centimètres du sommet on le reconnaît nettement par son aspect nacré, quoique ses éléments aient leurs parois peu épaisses. A l'état adulte, le collenchyme des *Rosa* a ses parois très épaisses, à tel point qu'il n'est plus possible de distinguer les parois de chaque cellule. Cet état rappelle le collenchyme cartilagineux (Knorpel-Collenchym) de M. C. Müller (1). Les massifs qu'il forme sous l'épiderme de la tige peuvent être très saillants intérieurement et rattachés entre eux par l'assise sous-épidermique, ou bien distincts. Vues en section transversale, ses cellules ont une largeur très inégale, ordinairement petite; tandis qu'en section radiale, elles peuvent être égales aux cellules du parenchyme chlorophyllien voisin ou 2-4 fois plus grandes. L'état du collenchyme, ainsi que les dimensions de ses éléments, ne révèlent aucun bon caractère d'espèce. La disposition du collenchyme dans le pédoncule floral (massifs distincts, couronne complète ou plus ou moins discontinue) est utile à reconnaître pour les Roses. Elle fournit assez souvent de précieuses indications dans la recherche des affinités. J'y aurai quelquefois recours.

h. *Fibres péridermiques des nervures et du pétiole terminal*. — Nous verrons, plus loin, que la culture peut empêcher ou provoquer le développement des fibres péridermiques. En tenant compte de cette influence, à effets très variés, la comparaison entre eux des faisceaux libéro-ligneux de la feuille de toutes les espèces conduit à des résultats très remarquables au point de vue taxinomique, malgré les quelques exceptions qu'elle peut comporter. Ainsi les *R. cin-*

(1) C. Müller, *Ein Beitrag zur Kenntniss der Formen des Collenchyms* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, Bd VIII, Heft 5, p. 150-166; 1890).

namomea L., *R. nutkana* Prel., *R. blanda* Ait., *R. acicularis* Lindl., etc., les *Pimpinellifoliæ* et les *Banksiæ* ont ordinairement le faisceau libéro-ligneux des nervures médiane et secondaire, du pétiole terminal, dépourvu de fibres mécaniques extra-libériennes, ou bien ces fibres ont conservé leurs parois minces, ou encore le périodesme y est représenté par du sclérenchyme à éléments très irréguliers (coupe transversale). Tandis que les *Caninæ*, *Carolinæ*, *Bracteataæ*, *Gallicæ*, *Synstylæ*, *Stylosæ* ont toujours des fibres périodesmiques à parois assez épaisses. Il y a plus, dans cet état de choses, qu'un simple effet du hasard, et j'y remarque des caractères d'affinité, une tendance héréditaire, que je saurai mettre à profit lors de la discussion sur les espèces.

L'existence ou l'absence de massifs mécaniques extra-libériens dans le pédoncule floral offre moins d'intérêt au point de vue taxinomique. Il est néanmoins quelques espèces qui gardent assez bien ce caractère.

i. *Périderme de la tige*. — Le périoderme de la tige est d'origine épidermique (fig. 47) ; c'est là un excellent caractère générique, mais qui ne peut être apprécié que sur des rameaux d'au moins deux ans. Le liège ne se développe jamais pendant la première année, et seulement sous forme de plaques plus ou moins étendues pendant la seconde. Les exemples d'un périoderme continu sur des rameaux de deux ans sont relativement rares. Les *Rosa* conservent donc leur épiderme à peu près intégralement pendant trois ans au minimum. A partir de cette époque, le périoderme tend à envelopper régulièrement la tige sur toute sa circonférence.

La division proposée par Vesque (1) et basée sur la présence ou l'absence d'un liège continu, n'est donc pas admissible.

	{	<i>Liège continu</i> : FEROCES Lindl.
« <i>Rosa</i> (sensu stricto)	{	<i>Pas de liège continu</i> : ROSA JASMINOIDES proprement dits. »

(1) J. Vesque, *Contribution à l'histologie systématique de la feuille des CARYOPHYLLINÉES, précédée de remarques complémentaires sur l'importance des caractères anatomiques en botanique descriptive* (in An. sc. nat., 6^e série, t. XV, 1893).

Il est des individus chez lesquels le périderme s'enfonce dans les massifs de collenchyme et les partage en deux parties, une externe qui s'exfoliera avec l'épiderme, et une interne qui persistera (*R. oxyodon* Boiss., *R. acicularis* Lindl.). Chez d'autres le périderme isole extérieurement complètement les massifs collenchymateux (*R. Beggeriana* Schr., *R. lacerans* Boiss. et Buhse). Enfin chez *R. microphylla* Roxb., par exemple, on le rencontre près du milieu du parenchyme cortical, où il isole l'épiderme, le collenchyme et 7-8 assises sous-jacentes du parenchyme. Mais ce sont là des exceptions qu'il m'est impossible d'expliquer sérieusement et dont je ne garantis pas la constance chez les mêmes individus.

Le liège n'existe ni dans le pétiole ni dans le pédoncule floral. Le phellogène prend naissance dans l'épiderme de la façon suivante : La cellule épidermique se divise en deux parties par une cloison tangentielle ; l'externe conserve ses dimensions pendant toute la durée de l'épiderme, à moins cependant que, sous l'effet d'une poussée centrifuge, cette cloison ne devienne convexe, diminuant ainsi l'étendue de la cavité cellulaire. La portion de la cellule épidermique, isolée intérieurement, constitue le phellogène. Cette cellule va s'élargir un peu dans le sens du rayon de la tige, puis, par bipartitions et accroissements successifs de la portion interne phellogénique, produira extérieurement une couche de liège plus ou moins riche en assises. Les cellules de ce liège restent à parois minces, s'écrasent tout en se hérissant de fines aspérités. Une substance brun marron envahit les plus vieilles cellules, et souvent aussi celles de l'épiderme. Le phelloderme, composé de 1-2 assises, devient ordinairement mécanique par épaissement régulier de toutes ses parois.

Nous avons vu que le périderme de la racine est d'origine endodermique.

j. *Liber et fibres libériennes de la tige.* — Le liber est toujours puissant, ses cellules sont petites et très irrégulières ; les tubes en activité se trouvent surtout dans le tiers interne

de sa masse. Son parenchyme, plus ou moins corné, comprend fréquemment des bandes tangentielles épaisses qui alternent irrégulièrement avec d'autres à parois relativement minces (fig. 35).

L'apparition de fibres dans la moitié externe du liber de la tige de nombreux *Rosa* (fig. 27, 34), à partir de la deuxième ou troisième année, constitue-t-elle une *allure épharmonique*, c'est-à-dire une tendance héréditaire qui peut s'exprimer ou non, selon le hasard des adaptations, chez tous les représentants du genre arrivés à un certain âge, ou bien s'agit-il d'un caractère n'intéressant qu'un certain nombre d'espèces? Je n'admets pas entièrement la première hypothèse, car il est difficile de concevoir que des espèces très affines, placées sensiblement dans le même milieu, puissent avoir, les unes des fibres libériennes, les autres point. Plus rationnelle est la seconde. Nous voyons des rameaux de *R. pimpinellifolia* L., âgés de trois et quatre ans, provenant du mont Salève et de l'Isère; d'autres, de deux ans, provenant de l'Hérault, posséder des fibres libériennes; tandis que d'autres, de même âge que ces derniers, provenant du Cher, en sont dépourvus. Des *R. cinnamomea* L., de Munich, sans fibres et d'autres, de Suède, avec fibres, tous ayant cependant le même âge (deux ans). Des *R. stylosa* Desv., de la Savoie et de la Haute-Savoie, âgés de trois et quatre ans, avec fibres, tandis que d'autres, également de la Haute-Savoie et des Bouches-du-Rhône, n'en ont point. Des *R. Gallica*, du Cher et du Rhône, âgés de deux ans, munis aussi de fibres, et d'autres, de la Saxe et du Rhône, âgés de deux ou trois ans, sans fibres.

Comment expliquer ces anomalies? Sont-ce des effets exclusifs de milieu, d'altitude, de lumière, de sécheresse, de taille? Je ne le crois pas. Remarquons encore que ce caractère réside dans les profondeurs de la tige et qu'il n'est accompagné d'aucun autre superficiel, si faible soit-il. L'harmonie adaptative n'a été troublée chez aucun des individus de même espèce. Il y a ici, à mon avis, quelque chose d'hé-

réducteur. Je n'en veux pour preuve que ces nombreux *Caninæ*, de provenances très diverses, chez lesquels ce caractère est exprimé à un haut degré.

L'existence de fibres libériennes, en quantité très variable, dans la moitié externe du liber de la tige des *Rosa*, se manifeste donc d'une façon très capricieuse; mais il suffit de la voir se produire chez un seul représentant d'une espèce, pour pouvoir attribuer à cette espèce la tendance virtuelle à la production, et lui assigner sa place à côté d'autres espèces également privilégiées.

Ce caractère ne saurait être considéré comme spécifique, étant donnée son apparition indécise et variable; sa dignité, plus élevée, permet de l'appliquer à des groupes d'espèces, voire même aux sections. J'y reviendrai au sujet de la discussion de ces dernières.

k. *Vaisseaux ligneux de la tige*. — Le plan ligneux du bois secondaire est le même chez tous les représentants; il constitue un excellent caractère générique (fig. 43, 58). Il n'est pas possible de faire entrer le nombre et les dimensions des vaisseaux dans la diagnose des sections, parce que les renseignements qu'ils fournissent comportent de trop nombreuses exceptions.

Au point de vue général, toutes relations de grandeurs observées, on peut dire que chez les *Caninæ*, les *Synstylæ* et les *Gallicæ*, les vaisseaux du bois secondaire ont un diamètre ordinairement large; que les *Cinnamomeæ* ont ce diamètre très variable, mais le plus souvent moyen ou petit; que les *Luteæ*, *Bracteataæ*, *Lævigataæ* et *Microphyllæ* ont des vaisseaux à diamètre moyen. Enfin, que les *Pimpinellifoliæ*, *Sericeæ* et *Minutifoliæ* ont ordinairement des vaisseaux étroits ou petits. Tous les *Rosa* sont très vasculaires; les *Synstylæ* cependant le sont un peu moins que les autres.

Le nombre et le diamètre des vaisseaux du bois secondaire, étant directement sous la dépendance du milieu physique, n'ont, en taxinomie, qu'une valeur spécifique secondaire.

1. *Cellules médullaires de la tige et du pédoncule floral.* — Certaines espèces du genre sont remarquables aussi par la persistance des dimensions de leurs cellules médullaires, abstraction faite des cellules tannifères, qui ont toujours une section petite. Ainsi les *R. rubiginosa* L., *R. micrantha* Sm., *R. Seraphini* Viv., *R. omissa* Déségl., *R. Jundzilli* Bess., *R. obtusifolia* Desv., *R. Sayi* Schw., *R. stylosa* Desv., etc., ont ces cellules grandes ou très grandes. Tandis que les *R. Kamtschatica* Vent., *R. spithamea* Wats., *R. laxa* Retz, *R. dahurica* Pall., *R. Fendleri* Crép., *R. Giraldui* Crép., *R. sericea* Lindl., *R. minutifolia* Engl., les ont petites ou moyennes. Chez d'autres représentants, ces cellules sont de dimensions très variables.

On observe les mêmes particularités dans la moelle du pédoncule floral. Il n'est donc pas possible de tirer de ce tissu un caractère de genre ou de section. En revanche, l'espèce y trouve un élément nouveau auquel j'ai eu recours toutes les fois que sa persistance m'a semblé réellement effective. Mais comme il m'est impossible d'affirmer que tous les individus, relatifs à chaque espèce, conservent invariablement les dimensions de leurs cellules médullaires, malgré les nombreuses observations que j'ai faites, je n'emploierai ce caractère jamais seul.

m. *Poils épidermiques (simples, glandulifères, cellules pili-formes).* — La feuille, la tige et le pédoncule floral ne portent que deux espèces de poils: 1° des poils 1-cell., ordinairement très longs, à parois robustes, à contenu incolore et à lumen plus ou moins oblitéré; 2° des poils glandulifères à adénophore plurisériel et à glande capitée formée par un agrégat considérable de petites cellules (fig. 38). L'abondance ou la rareté de ces deux types ne suivent aucune marche régulière. Elles sont liées à des influences de milieux dont les effets, très variables, se produisent, non seulement sur des espèces distinctes et voisines, mais encore sur les représentants d'une même espèce. On ne saurait donc logiquement, sauf pour quelques exceptions, en tirer un caractère spécifi-

que. Il n'en est pas de même de la structure qui définit admirablement le genre dans son ensemble.

Le *R. rugosa* Thunb. est le seul à avoir les cellules de l'épiderme inférieur de la feuille piliformes, c'est-à-dire très allongées extérieurement sous la forme de poils très courts, obtus et trapus. La culture ne modifie pas ce caractère (fig. 53).

n. *Pollen*. — Les grains de pollen des *Rosa* sont fusiformes ou elliptiques, vus en section longitudinale (fig. 10); l'exine en est lisse ou très finement ponctuée (fig. 11); elle porte trois pores qui sont très visibles lorsqu'on soumet les grains à l'action combinée de l'eau et d'une chaleur tempérée (fig. 12). L'eau les rend sphériques (fig. 11), tout en augmentant considérablement leur volume; tandis que la chaleur fait assez souvent saillir leur contenu à travers les trois pores qu'elle met en outre en évidence.

Le pollen peut être citrin pâle, jaune d'œuf, jaune-soufre ou jaune ocracé, peu ou très abondant, très pur ou plus ou moins impur, c'est-à-dire ne renfermer aucun grain impur ou en posséder une quantité plus ou moins grande.

D'après M. Fischer (1), les caractères morphologiques fournis par le grain de pollen, tout en étant de valeur systématique peu constante et très inégale, méritent cependant d'entrer dans la définition de certains groupes naturels.

M. Crépin est le premier observateur qui ait attiré l'attention sur l'inégalité de développement des grains de pollen, ainsi que sur leur atrophie plus ou moins complète dans le genre *Rosa* (2). Christ et Focke ont aussi fait des recherches dans le même sens. Ces savants ont reconnu que la plupart des *Caninæ* ont leur pollen très impur; que les *R. cinna-momea*, *R. pimpinellifolia*, *R. alpina*, *R. gallica*, *R. arvensis* et *R. sempervirens* l'ont au contraire parfaitement pur.

(1) Hugo Fischer, *Beiträge zur vergleichenden Morphologie der Pollenkörner* (Inaug. Dissertation, 72 p., 3 pl., Breslau, 1890).

(2) F. Crépin, 1^{re} *Primitiæ* (1^{er} fasc., p. 13, 1869); 2^o *Recherches sur l'état de développement des grains de pollen dans diverses espèces du genre Rosa* (Bull. Soc. roy. bot. de Bruxelles, t. XXVIII, p. 114, 2^e partie, 1889).

On admet volontiers aujourd'hui, sans preuves absolument irréfutables, que le pollen des hybrides est très impur ou presque complètement atrophié. Il s'ensuivrait donc, *à priori*, que les représentants de la section *Caninæ* seraient pour la plupart des hybrides. Ce serait une conclusion absolument inexacte.

De mes recherches sur le pollen de nombreuses espèces et hybrides, il résulte que la pureté du pollen ne se reproduit pas constamment sur la même espèce. Les *R. pisocarpa* A. Gr., *R. blanda* Ait, *R. rugosa* Thunb., *R. multiflora* Thunb., *R. moschata* Herrn., *R. gallica* L. et *R. microphylla* Roxb., peuvent avoir leur pollen très impur ou parfaitement pur. Les hybrides eux-mêmes, M. Crépin l'a déjà signalé chez ceux formés par les *R. alpina* et *R. pimpinellifolia*, ont parfois le pollen pur ou à peu près, et ils peuvent fructifier. Si, à côté de ces faits curieux, on cite d'autres *Rosa* possédant toujours un pollen pur, on est bien forcé de reconnaître que le critère tiré de l'abondance et de la pureté plus ou moins grande du pollen est d'une valeur douteuse au sujet de la distinction des espèces et hybrides. Nos connaissances sur ce sujet sont encore trop incomplètes pour nous permettre d'en tirer une règle pratique. J'estime qu'il y a lieu de multiplier encore les expériences d'hybridation et de poursuivre activement la connaissance des types spécifiques, avant d'en étudier la semence pollinique. Ce n'est qu'après avoir solidement basé cette étude qu'il sera seulement permis de distinguer nettement l'espèce de l'hybride.

La longueur du grain de pollen à sec oscille entre des nombres trop différents pour pouvoir être prise en considération. L'eau gonfle les grains purs et les rend sphériques; son action est nulle sur les mauvais. Le grain n'arrive que progressivement à son maximum de gonflement; une demi-heure lui est parfois nécessaire. Il serait donc imprudent d'en faire la mensuration aussitôt après l'avoir soumis à l'action de l'eau.

En résumé, je pense que le milieu et les conditions clima-

tériques exercent une grande influence sur la qualité et la quantité du pollen des Roses, et que pour tirer de celui-ci des renseignements comparatifs, il importe, je le répète, d'essayer de nouvelles expériences, dans lesquelles on tiendra compte de tous les facteurs influents.

CHAPITRE II

1. INFLUENCE DE LA CULTURE SUR LES CARACTÈRES ANATOMIQUES.

D'après le Dr H. Christ (1), la culture laisse subsister les caractères de l'espèce et ceux de la variété. Elle enseigne à ne fonder aucune espèce ni même aucune variété sur le développement plus ou moins grand de l'armature ou sur le degré de villosité; elle ne révèle pas davantage les rapports qui relient les variétés constantes ou les formes intermédiaires avec les espèces.

M. Jordan a reconnu aussi, à la suite d'un très grand nombre d'essais, la persistance, par semis, de certaines formes qui semblent n'avoir dans le groupe spécifique que la place de simples variations d'ordre très secondaire (2).

Si l'on rapproche ces remarques, dans ce qu'elles ont de commun, de celles, non moins sérieuses et plus scientifiques, de M. G. Bonnier, on constate des divergences souvent profondes. Il est surprenant d'entendre d'éminents floristes affirmer que les *variétés* et même les *variations* conservent leurs caractères respectifs sous l'influence de la culture dans des milieux différents de celui où elles croissent normalement. Cela revient à nier les effets de l'adaptation au milieu physique et à méconnaître les modifications profondes provoquées par ces milieux. Je soutiens, au contraire,

(1) H. Christ, *Le genre ROSA* (Trad. E. Burnat; Genève, 1885).

(2) J.-E. Planchon, *Le morcellement de l'espèce en botanique et le jordanisme* (Revue des Deux Mondes, 15 sept. 1874) et *Lettre de Jordan à M. Burnat*.

que les caractères organographiques et anatomiques, qui servent à différencier les races, variétés et à plus forte raison les variations, sont toujours des caractères d'adaptation au milieu physique, autrement dit des caractères *épharmoniques*, et que ces caractères ne sont *héréditaires* qu'autant que les individus sur lesquels ils se rencontrent se maintiennent dans un milieu identique à celui qui les a provoqués.

Ma collection d'herbier renferme de nombreux échantillons de *Rosa* provenant des jardins botaniques de Bruxelles, de Kew, de Zöschen, de Münden, de Calcutta, de la villa Thuret, d'Amérique, de Suisse, du golfe Juan, etc. L'étude de ces échantillons m'a démontré que la culture n'agit pas toujours de la même manière sur la plante et qu'il n'existe aucun lien rationnel de cause à effet. En d'autres termes, qu'il n'est pas toujours possible de préjuger de la structure d'une espèce à l'état spontané, d'après le seul examen de représentants de cette espèce provenant d'un jardin botanique.

La culture peut faire disparaître les tissus mécaniques des nervures de la feuille (*R. multiflora*, *R. indica*, *R. carolina*, *R. pisocarpa*, etc.) ou les maintenir (*R. indica* L., var. *sempervirens*, *R. californica*, *R. rugosa*, etc.); rapetisser les cellules épidermiques ou les agrandir chez des individus de même espèce (*R. laxa*, *R. Beggeriana*, *R. macrophylla*, etc.). D'autres divergences anatomiques peuvent aussi se produire soit dans les dimensions du mésophylle, l'épaisseur du parenchyme cortical de la tige, la production plus ou moins précoce du périderme et de fibres libériennes, ou enfin dans les dimensions des cellules médullaires. Ces constatations ont une importance capitale en taxinomie; elles permettent aussi de distinguer les caractères héréditaires et suffisamment fixes des caractères épharmoniques.

2. INFLUENCE DE L'ALTITUDE SUR LES CARACTÈRES ANATOMIQUES.

D'après les belles expériences de M. G. Bonnier sur l'adap-

tation des plantes au climat alpin (1), il résulterait qu'une plante, transportée de la plaine à une altitude assez grande, présenterait, entre autres caractères :

1° Dans sa tige : un tissu cortical plus épais par rapport au diamètre du cylindre central ; un épiderme à cuticule mieux marquée et à cellules à parois plus épaisses ; un certain nombre d'assises sous-épidermiques du tissu cortical renforcent souvent cet épiderme ; les divers tissus du cylindre central sont ordinairement moins différenciés ; quand le liège existe, il est plus précoce et relativement plus épais pour des rameaux de même âge ; lorsqu'il y a des canaux sécréteurs, ils sont plus grands, relativement ou même en valeur absolue ; enfin les stomates sont plus nombreux.

2° Dans ses feuilles : des tissus assimilateurs mieux disposés pour les fonctions chlorophylliennes ; un tissu en palissade plus développé, soit parce que ses cellules sont plus longues et plus étroites, soit parce que le nombre des rangées palissadiques est plus considérable ; un limbe plus épais ; des cellules épidermiques ordinairement plus petites et des stomates plus nombreux par unité de surface.

Ces modifications s'effectuent, en effet, dans le plus grand nombre des cas, surtout chez les plantes *herbacées*. Il n'en est pas toujours de même des plantes *ligneuses*, qui se plient moins facilement à ces brusques violences de régime. Les quelques exemples cités plus bas, puisés au hasard parmi de nombreux autres, ne réalisent pas invariablement les mêmes transformations histologiques, et cependant il s'agit d'espèces appartenant au même genre.

Des rameaux de deux ans de *R. montana* Chaix., récoltés dans l'Isère, aux altitudes de 1 025 mètres et de 1 600 mètres, présentaient les différences suivantes : A 1 600 mètres, stomates plus petits et plus nombreux ; cuticule de l'épiderme supérieur de la feuille de même épaisseur qu'à 1 025 mètres ; épiderme inférieur recticurviligne au lieu de subonduleux.

(1) G. Bonnier, *Recherches expérimentales sur l'adaptation des plantes au climat alpin* (in Ann. sc. natur., 7^e série, t. XX).

Mésophylle bifacial, moins épais (110 μ au lieu de 170 μ) ; parenchyme en palissade un peu plus épais. Tous les tissus de la tige n'avaient subi aucun changement quantitatif ; le bois était cependant moins vasculaire et des fibres mécaniques s'étaient développées dans la moitié externe du liber.

Des rameaux de deux ans de *R. rubiginosa* L., récoltés, les uns dans l'Isère à 950 mètres d'altitude, les autres dans les Hautes-Alpes à 1 300 mètres, présentaient aussi les différences suivantes. A 1 300 mètres : stomates de même longueur, aussi nombreux ; cuticule plus épaisse ; épiderme inférieur subonduleux au lieu de recticurviligne comme à 950 mètres. Mésophylle plus épais ; palissades un peu plus longues ; fibres péridermiques nulles comme à 950 mètres. Cellules médullaires de la tige un peu moins larges et bois plus vasculaire.

Des rameaux de deux ans de *R. tomentosa* Sm., récoltés dans la Haute-Savoie, les uns à 960 mètres, les autres à 1 200 mètres, accusaient aussi les différences suivantes : à 1 200 mètres les cuticules épidermiques n'étaient pas plus épaisses ; l'épiderme inférieur était recticurviligne au lieu d'être subonduleux comme à 960 mètres ; les stomates n'avaient varié ni en longueur ni en quantité ; le mésophylle était plus épais, les palissades plus longues. La tige ne présentait aucun changement quantitatif.

Des rameaux de trois ans de *R. lacerans* Boiss. et Buhse. récoltés à Kerman (Perse), les uns à 3 400 pieds, les autres à 3 500 pieds d'altitude, présentaient aussi les différences quantitatives suivantes : A 3 500 pieds, les cellules épidermiques de la feuille étaient beaucoup plus larges superficiellement et moins épaisses ; les stomates plus longs et moins nombreux qu'à 3 400 pieds. Le mésophylle était centrique partout, mais plus épais à 3 500 pieds. La tige et le pédoncule floral n'avaient pas varié.

On voit donc que si l'on ignorait l'altitude et le lieu de récolte d'une plante, il serait imprudent de lui assigner une provenance élevée, en la comparant à des individus de

même espèce récoltés en plaine et en lui appliquant exactement les conclusions de M. G. Bonnier.

Un milieu donné ne produit pas des effets identiques sur chaque plante. Telle espèce peut avoir un mésophylle centrique, dont toutes les assises sont transformées en palissades, alors qu'une autre, croissant à côté, aura son mésophylle bifacial. Dans l'une on remarque que les nervures ont un périderme puissamment mécanique, tandis que dans une autre ce tissu a conservé ses parois minces, etc.

On peut donc constater des différences anatomiques assez profondes entre espèces du même genre croissant côte à côte. Entre individus de même espèce, les variations sont beaucoup moins sensibles.

CHAPITRE III

L'ESPÈCE VÉGÉTALE EN CLASSIFICATION NATURELLE (1).

Les botanistes sont encore loin de s'entendre sur la définition de l'espèce. Leurs divergences tiennent surtout à ce que la plupart d'entre eux ne connaissent la plante que par ses caractères *externes* qui, on l'a vu, sont souvent trompeurs. Ils accusent, en effet, une concordance, une uniformité souvent héréditaire même dans des milieux différents. C'est ce qu'ont démontré les essais culturaux faits sur des Roses par M. Jordan. « Toutes mes Roses sauvages, écrivait-il, en 1879, à M. E. Burnat, se reproduisent intactes, avec une invariabilité absolue, toujours conformes aux échantillons sur lesquels les graines ont été prises, d'après les expériences que j'ai faites sur des formes très nombreuses. » Les caractères considérés par M. Jordan sont devenus hérédi-

(1) Cette question a été traitée, avec des détails plus ou moins longs, 1^o dans les C. R. de l'Académie des Sciences (décembre 1897); 2^o dans le *Journal de botanique* (16 décembre 1897); 3^o dans le *Monde des Plantes* (1^{er} juin 1898).

taires, c'est là un fait acquis, que nous ne mettrons pas en doute. Mais ces caractères appartenaient-ils à des espèces? S'il s'agit de celles de ce savant, le doute commence à naître, car l'École dont il est le chef a une idée fausse de l'espèce.

Kerner, de son côté, résout la question taxinomique de l'espèce en prenant comme base l'*uniformité*, c'est-à-dire la concordance de tous les caractères héréditaires. Mon savant et sympathique confrère, M. le Dr John Briquet, a, en quelques pages magistralement écrites (1), montré tout ce que la définition de Kerner avait de défectueux.

Dumortier (2) croit que ce qui fait l'espèce, c'est l'*habitus*. « Toute espèce, dit-il, doit se distinguer au premier coup d'œil, et il faut y rapporter comme variétés toutes ces formes qui ne se distinguent les unes des autres que par des caractères variables qu'on retrouve dans chacune d'elles. » Cette manière de voir a une certaine analogie avec le principe d'uniformité de Kerner; elle en diffère cependant par l'importance que Dumortier attachait à l'influence du milieu quoique vaguement exprimée. Dès lors les caractères distinctifs de l'espèce cessaient d'être exclusivement héréditaires.

« Deux espèces, pour être distinctes, dit A. de Candolle (3), doivent être nettement caractérisées et n'être pas reliées par des formes intermédiaires non hybrides. » Cette conception de l'espèce répond à la notion que Linné, lui-même, avait de cette entité. Nägeli l'admet aussi (4), et ajoute que les groupes qui passent les uns dans les autres doivent être considérés comme des sous-espèces ou des variétés.

M. le Dr Briquet (5), sans indiquer explicitement sa préférence pour l'une ou l'autre de ces définitions de l'espèce, ac-

(1) J. Briquet, *CYTISES des Alpes-Maritimes*, p. 50, 1894.

(2) Dumortier, *Monographie des Roses de la flore belge* (Bull. Soc. roy. bot. de Belgique, t. VI, p. 34, 1867).

(3) A. de Candolle, *La Phytographie*, p. 96, 1880.

(4) Nägeli, dans E. Widmer, *Die europäischen Arten der Gattung PRIMULA* (Munich et Leipzig, p. 1, 1891).

(5) J. Briquet, *op. cit.*, p. 56.

cepte néanmoins celle qui correspond le mieux aux principes qui dirigent ses recherches phytographiques, c'est-à-dire la définition applicable à la forme linnéenne, autrement dit à celle de De Candolle et de Nägeli.

M. Clavaud (1) admet deux catégories d'espèces : 1° les *stirpes* ou espèces primaires ; 2° les *espèces* proprement dites, qui ont une valeur secondaire.

Voici les considérations auxquelles se livre cet auteur pour justifier son système :

« Au-dessous du genre et de ses subdivisions, il y a deux sortes de types dont il faut tenir compte pour se conformer à la réalité : le *stirpe* et l'*espèce*.

« Le *stirpe* ne peut être confondu avec les subdivisions du genre, car il offre *un type un, particulier et distinct* (quoique souvent décomposable), ce qui n'est pas le cas des sections génériques, qui sont établies sur un ou deux caractères seulement. Au reste, voici comment je caractérise les deux ordres d'unités que je distingue :

« 1° Lorsque entre deux types il n'y a pas de transitions, c'est-à-dire lorsqu'il n'existe pas dans la nature, entre les représentants purs de l'un et de l'autre, des formes intermédiaires où s'effacent successivement les caractères distinctifs et les limites réciproques des deux types, je donne à ceux-ci le nom de *stirpes*. — Telles sont la plupart des espèces linnéennes.

2° Lorsque deux types, d'ailleurs bien distincts sous leurs formes extrêmes, présentent dans la nature des formes de transition plus ou moins nombreuses, qui effacent entre eux toute limite précise et qui sont la trace encore subsistante d'une origine commune entre les deux types considérés, ceux-ci sont pour moi des *espèces* ou des *variétés*. Ils sont des *espèces*, lorsque les descendants du premier obtenus par semis successifs dans nos cultures ne reproduisent jamais le second et réciproquement. Ils sont des *variétés*, lorsque la culture

(1) Clavaud, *Flore de la Gironde* (Actes de la Soc. linnéenne de Bordeaux, 1882).

amène tôt ou tard l'un des deux types à rentrer dans l'autre (1).

« Le *Fumaria capreolata* L., est un stirpe ; les *F. Bastardi*, *Boræi*, etc., sont des espèces contenues dans ce même stirpe. Il n'y a pas de transitions insensibles entre les formes du *F. capreolata* et les autres stirpes du genre ; il y en a, suivant moi, une série continue et qu'on peut réunir, entre les espèces dérivées que je viens de citer. Mais, comme les semis successifs des graines de *F. Bastardi* pur, par exemple, n'amènent jamais un produit identique au *F. Boræi* type, ces deux formes ne sont pas des variétés d'une même espèce, mais des espèces d'un même stirpe, qui est le *F. capreolata*.

« Je me résume sous une autre forme en disant : l'espèce a son unité dans la *filiation actuellement existante* ; le stirpe ne tire la sienne que de la *ressemblance* des éléments qui la composent, en tant que cette ressemblance est l'indice d'une origine commune, c'est-à-dire d'une *filiation qui a cessé actuellement d'exister*.

« Un stirpe peut être représenté par une espèce unique : Ex. : *Fumaria densiflora* DC., *Ranunculus divaricatus* Schrk., ou par plusieurs espèces, dont l'ensemble le constitue : Ex. : *F. capreolata* L., *Ranunculus aquatilis* L.; mais, dans ce dernier cas, il est presque toujours impossible de dire si l'une de ces espèces est la continuation d'un type primitif d'où les autres procèdent, ou si, au contraire, ce type primitif a disparu, ne laissant après lui que des formes dérivées.

« A la vérité, le mot *stirpe* (souche) est impropre quand il s'agit de ces types entiers et indécomposables qui ne sont représentés que par une espèce unique, et qui, n'ayant pas de dérivés, n'ont aucun caractère ancestral. Aussi n'est-ce que par extension que je les désigne sous ce nom, et parce qu'ils expriment des unités de même ordre que les stirpes

(1) Dans ces conditions, il y a autant d'espèces de *Roses* que de formes distinctes, puisque les semis successifs n'en altèrent point les caractères ? Sans le vouloir, M. Clavaud devient *jordanien* !

proprement dits, en ce sens qu'ils ne sont réunis, ainsi qu'eux, par aucun intermédiaire aux types voisins.

« Au fond, le stirpe proprement dit n'est, après tout, qu'un groupe d'espèces; mais le plus étroit de tous les groupes, et tel qu'à travers les différences morphologiques que l'examen constate, il offre toujours une unité d'aspect assez grande pour que beaucoup de botanistes ne veuillent rien voir au-dessous de lui comme unité distincte.

« L'important avantage de la distinction que j'établis entre les stirpes et les espèces dérivées, est d'exprimer, quoique souvent d'une façon très imparfaite, vu l'état actuel de nos connaissances, les relations réciproques et les valeurs très diverses des différents types qu'on se contente d'énumérer à la file dans les ouvrages descriptifs.

« Au reste, cette distinction de deux sortes de types ou unités de valeur et de signification inégales a été faite épisodiquement par M. Alexandre Braun, dans ses *Characées africaines*. Seulement, il appelle *espèce* ce que j'appelle *stirpe* et *sous-espèce* ce que je nomme espèce... »

De ce long exposé, il est facile de se convaincre que le *stirpe* de M. Clavaud n'est autre chose que l'espèce de Nägeli et de Candolle, la seule espèce *vraie* et *pure*, celle qui possède au moins un caractère *qualitatif*, soit morphologique, soit anatomique. Quant à l'*espèce* du même auteur, elle n'a pas une autonomie suffisante pour mériter ce titre, dès lors qu'elle se rattache à une autre par des formes intermédiaires. Si M. Clavaud avait fait entrer en ligne de compte toutes les données de la plante, externes et internes (ce qui est indispensable en cette matière), il aurait reconnu que les types qu'il a qualifiés d'*espèces* se ressemblent tous au point de vue anatomique, et qu'ils ne diffèrent entre eux que par des données morphologiques purement *quantitatives*. Je n'en veux pour preuve que les exemples cités par M. Clavaud. Le *Fumaria capreolata* L. est un *stirpe*, dit-il. « Il n'y a pas de transitions insensibles entre les formes de cette Fumeterre et les autres stirpes du genre. » Ayant étudié

sérieusement la famille des *Fumariacées* (1), j'ai reconnu que le *F. capreolata* était une espèce *primaire*, bien caractérisée extérieurement et intérieurement. Quant aux *F. Bastardi*, *Boraei*, etc., ce ne sont que de simples variétés. Ce qui me surprend encore, c'est de voir M. Clavaud prendre le *F. densiflora* DC, pour un *stirpe* monotype. A mon avis, il ne s'agit encore que d'une variété ayant de nombreuses affinités avec les *F. parviflora* Lam. et *F. Vaillantii* Lois. On voit à quelles erreurs peuvent entraîner les données morphologiques lorsqu'on n'a recours qu'à elles pour la détermination des types spécifiques.

L'espèce de M. Clavaud n'aura donc son unité dans la *filiation actuellement existante* que lorsqu'elle possédera au moins un caractère qui lui soit absolument propre; cette condition est inéluctable!

M. Clavaud se heurte encore à une difficulté, que d'ailleurs il ne résout pas, en disant que « le mot *stirpe* (souche) est impropre quand il s'agit de ces types entiers et indécomposables qui ne sont représentés que par une espèce unique, et qui, n'ayant pas de dérivés, n'ont aucun caractère ancestral ». Il aurait dû, il me semble, créer un terme nouveau pour désigner « ces types entiers et indécomposables », qu'il place entre le *stirpe* et l'*espèce*; et, s'il ne l'a pas fait, c'est peut-être parce qu'il ignorait la qualité réelle de ces types. Je regrette qu'il n'en ait pas donné d'exemples. Je présume néanmoins qu'il ne s'agit encore que d'espèces, de celles qui, fourvoyées dans des adaptations très spéciales, ont perdu l'habitude de varier et se sont insensiblement isolées de leurs congénères. Si le caractère ancestral de ces espèces *fixées* n'est plus reconnaissable extérieurement, il se trouve toujours parfaitement exprimé par l'anatomie.

Mon regretté et cher maître, Julien Vesque, a, dans un mémoire remarquable (2), donné trois définitions de

(1) P. Parmentier, *Contribution à l'étude des FUMARIACÉES* (Bull. Le Monde des Plantes, n° 92; Le Mans, 1897).

(2) J. Vesque, *L'espèce végétale considérée au point de vue de l'anatomie comparée* (in Ann. sc. nat., 6^e sér., t. XIII, p. 5-135, 1882).

l'espèce considérée à trois stades différents. Les voici :

1° L'espèce est l'ensemble de tous les végétaux appartenant à la même division phylétique indivisible, prise au moment où les différenciations épharmoniques (1) commencent à s'y introduire.

2° L'espèce est l'ensemble des végétaux appartenant à la même division phylétique présentant les mêmes organes épharmoniques et ne différant entre eux que par le plus ou moins grand développement que présentent ces organes.

3° L'espèce est l'ensemble des végétaux d'une même division phylétique présentant les mêmes organes épharmoniques au même degré de développement.

L'espèce végétale répondant à la première définition, qui est la plus rationnelle, équivaut à l'espèce animale. Ainsi envisagée, elle peut correspondre à des groupes très inégaux en botanique (genres, sous-genres, quelquefois aussi à l'espèce improprement appelée *linnéenne*). C'est l'espèce *ancestrale*. Elle est unique dans le genre *Rosa*; c'est d'elle que dérivent tous les représentants de ce genre.

L'espèce répondant à la seconde définition se rapproche le plus du groupe admis par l'immense majorité des botanistes modernes. C'est l'espèce telle que l'entendaient Nägeli, de Candolle et Vesque; c'est le *stirpe* de M. Clavaud.

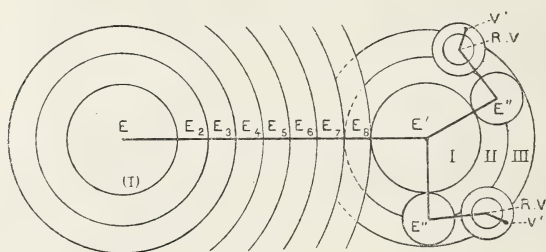
Quant à la troisième définition, elle est celle de l'École *jordanienne*.

Pour fixer les idées, je vais essayer de représenter par un graphique idéal la genèse des diverses entités taxinomiques à partir de l'espèce ancestrale, qui est la forme ultime d'un phylum, jusqu'aux variétés proprement dites. J'en déduirai ensuite la définition de l'espèce basée sur *tous les caractères de la plante*.

Avant toute action épharmonique, les individus se sont séparés, par la filiation pure, en une foule de formes ultimes qui correspondent à nos genres, sous-genres et assez rare-

(1) Les caractères *épharmoniques* sont ceux qui résultent de l'adaptation de la plante au milieu inerte.

ment à l'espèce *linnéenne* des botanistes. Il est difficile de faire la part de la filiation pure et celle de l'adaptation dans l'ensemble des caractères distinctifs de l'espèce actuelle. Tous les organes de la plante doivent, en effet, s'adapter; ils obéissent à cette loi économique dans l'intérêt même de l'individu et de son accroissement numérique. La lutte pour l'existence contraint la plante à s'adapter soit au milieu animé, soit au milieu inerte, et à s'organiser, par sélection naturelle, de la façon la plus apte à lui permettre de soutenir victorieusement cette lutte.



Soit une espèce phylétique ou ancestrale E considérée à l'époque de la désarticulation des individus, c'est-à-dire avant toute influence d'adaptation et encore placée dans sa zone d'origine (1). Peu à peu, sous l'influence des divers modes d'adaptation, E revêtira des caractères quantitatifs externes et internes qui lui imprimeront un nouveau facies, faiblement caractérisé au début, mais qui pourra le devenir davantage à mesure qu'il s'éloignera du centre de désarticulation, en passant successivement dans les zones végétatives, graduellement différentes, E₂, E₃, ..., E₈. La loi de désagglomération l'obligera à effectuer ce déplacement. Ces adaptations diverses, très peu différentes dans leur action immédiate, ont amené E en E₈ dans un état prospère et bien organisé pour l'avenir. Il y fait souche de descendants nombreux rayonnant dans cette vaste zone qui est l'extrême limite de l'espèce E toujours identique à elle-même. Un ou plusieurs de ces descendants franchissent la zone E₈. On re-

marquera que les conditions naturelles de cette zone limite sont relativement peu différentes des nouvelles existant immédiatement en dehors d'elle. Mais, soit variations plus ou moins rapides de température, soit été plus sec ou hiver plus rigoureux, etc., E, se trouvant accidentellement soumis à ce nouveau régime, résistera ou périra. Dans la première hypothèse, il aura dû revêtir des caractères propres à lui donner cette résistance. Il aura cessé, dès lors, d'être identique à lui-même, et sera devenu E'. J'ai réalisé l'espèce de Candolle, de Nägeli, de Vesque, c'est-à-dire celle qui répond à la seconde définition de ce dernier botaniste. Ce type nouveau diffère de l'espèce ancestrale au moins par un caractère *qualitatif*.

Après un temps plus ou moins long, ce caractère sera devenu héréditaire dans toute l'aire végétative I de E'. Par le même processus et sous les influences d'une identité relative à celles de E, notre nouvelle espèce rayonnera à son tour dans toutes les directions ; elle prospérera dans la zone I qui est celle de ses conditions moyennes de végétation. La zone II qui l'enveloppe (1) et qui peut en différer par des reliefs ou des dépressions du sol, le voisinage de forêts, de cours d'eau, etc., comporte de nouvelles influences météorologiques qui amèneront des modifications surtout morphologiques chez les descendants de E', soit en augmentant leur revêtement pileux, leurs aiguillons ou acicules s'ils en portent ordinairement, soit en restreignant la surface de la feuille, en diminuant ou en augmentant la hauteur de la tige, etc. Dès lors E', arrivé en II, deviendra E'', différant ainsi de son ancêtre immédiat uniquement par des caractères morphologiques *quantitatifs*. J'ai réalisé l'espèce *secondaire*, appelée par moi *morphologique*, si commune dans le

(1) Ces zones n'impliquent pas, dans mon esprit, l'idée d'une surface plane et régulièrement circulaire. Elles doivent être comparées à une portion de surface terrestre, avec tous ses reliefs et ses dépressions. Il est facile de concevoir que ces divers accidents naturels doivent contribuer puissamment à détruire, par leur action respective sur la plante, la régularité périphérique desdites zones.

genre *Rosa*. On reconnaîtra sans peine la variabilité de ces caractères externes, leur degré de développement exprimé par un *plus* ou un *moins*, et conséquemment l'existence possible de moyens termes, c'est-à-dire de formes intermédiaires entre deux de ces espèces morphologiques. E" peut varier dans une certaine limite sous l'influence de causes locales moins accentuées, de la lumière, d'une insolation plus forte, de l'ombre, de l'humidité, de périodes végétatives plus rapides, etc. Ses caractères anatomiques recevront, de ces divers agents, des modifications quantitatives; les assises palissadiques du mésophylle pourront devenir plus ou moins nombreuses; les cuticules et les parois des tissus mécaniques, plus ou moins épaisses; les stomates s'allongeront ou se raccourciront, s'enfonceront au-dessous du niveau épidermique, etc. Autant de caractères qui se maintiennent assez bien dans le même milieu, mais qui disparaissent totalement ou partiellement dans un autre. E" pourra donc posséder des races (R) et des variétés (V); lesquelles, à leur tour, à la suite de nouveaux et faibles changements morphologiques, pourront donner naissance à de nouvelles variétés, voire même à des variations (V').

Une hypothèse vient naturellement à l'esprit au sujet du retour que E' pourrait faire dans l'aire de végétation de E. Dans le cas où cette éventualité se produirait, ce qui me paraît très possible, le ou les caractères qualificatifs distinctifs de E' se maintiendraient-ils? Je n'hésite pas à répondre affirmativement! Ce ou ces caractères sont devenus héréditaires, grâce à l'adaptation prolongée et spéciale de E', adaptation qu'il a dû s'imposer sous peine de disparaître. Il n'aura d'ailleurs à subir aucune modification qualitative, il aura tout ce qui lui est nécessaire pour vivre dans cette aire végétative, puisqu'elle est le berceau de ses ancêtres.

Entre E et E', de même qu'entre toute autre espèce équivalente à E', mais d'une épharmonie différente, il ne saurait y avoir de formes transitoires, puisqu'il est admis sans discussion qu'il ne doit pas y avoir d'intermédiaires entre la pré-

sence et l'absence d'un organe. Cette notion de l'espèce répond pleinement à tous les desiderata de la systématique actuelle, et je l'adopte sans restriction.

Les espèces de même ordre que E', ayant entre elles de nombreuses affinités, peuvent engendrer des hybrides, lorsqu'elles se trouvent suffisamment rapprochées par l'adaptation. Les espèces morphologiques E'' peuvent aussi bien s'hybrider entre elles qu'avec les espèces proprement dites E'; les formes d'ordre inférieur auxquelles elles donnent en outre naissance serviront à les réunir et à établir leurs affinités réciproques. Ces espèces morphologiques ont une valeur taxinomique très variable. C'est ainsi que Christ, voulant évaluer leur degré d'énergie et leur autonomie, prétendait qu'en attribuant à tel *Rosa*, par exemple, la valeur 10, un autre serait représenté par 5, un troisième par 2, etc. (1). Il va sans dire que les moyens de détermination de ces espèces sont directement proportionnels à leur coefficient. Je m'explique très bien ces inégalités taxinomiques. Il est fort probable, en effet, qu'une espèce ayant pour coefficient 10 est plus ancienne qu'une autre à coefficient plus faible. Son antériorité d'existence lui a permis d'évoluer plus longtemps, de sélectionner en quelque sorte ses caractères, pour donner un relief plus saisissant à ceux qui la diagnostiquent. Nul doute que dans l'avenir, si des représentants de E'', sont soumis à des adaptations spéciales, ils ne deviennent des espèces nouvelles équivalentes à E'.

Cet exposé philosophique de l'espèce avait sa raison d'être dans ce mémoire où les formes innombrables de *Rosa* ont été, de la part des phytographes, l'objet d'appréciations aussi fantaisistes qu'exagérées (2).

En résumé, *l'espèce, telle qu'on doit l'interpréter en botanique systématique, est l'ensemble des végétaux d'un même phylum, qui possèdent les mêmes caractères morphologiques et anatomiques exprimés à des degrés différents.*

(1) Christ, *loc. cit.*, p. 13 (Trad. E. Burnat).

(2) Voy. *Essai sur une nouvelle classification des Roses*, par M. Gandoger.

Elle n'admet pas de formes intermédiaires, autres que des hybrides, la rattachant à une autre espèce de même degré. Elle constitue une entité taxinomique effective et absolument *irréductible* ; enfin, elle est le terme d'évolution de l'individu. Le règne végétal est beaucoup moins riche en espèces vraies qu'on ne pense ! C'est là une vérité trop souvent méconnue.

L'espèce *morphologique secondaire*, n'est pas une espèce *fixée* ; sa valeur intrinsèque est très inégale ; elle comporte des formes intermédiaires qui la mettent en relation avec une autre espèce. L'anatomie et la morphologie ne la diagnostiquent que par des caractères *quantitatifs*. J'ai indiqué précédemment que ces caractères, étudiés patiemment, peuvent se propager dans les groupes naturels sous l'aspect d'*allures épharmoniques* remarquables.

La création de l'espèce *morphologique* est contraire aux *Lois de la nomenclature botanique* (1), et cependant je n'hésite pas à la maintenir. A l'époque à laquelle ces lois ont été élaborées, on ignorait encore l'importance de l'anatomie en classification. Les botanistes avaient une idée inexacte ou incomplète de l'espèce. Aujourd'hui encore les caractères spécifiques, tirés exclusivement de la surface de la plante, ont une valeur très variable. Suivant certains auteurs, ces caractères sont de nature à définir les types spécifiques, et suivant d'autres, ils ont une dignité très inférieure. Les caractères morphologiques étant, au même titre que les caractères anatomiques, sous la dépendance du milieu ambiant, expliquent facilement, par leur plasticité, cette divergence d'appréciation.

Cependant l'espèce existe, c'est là un fait indéniable ! Elle n'est plus une *abstraction*, comme beaucoup le pensent encore aujourd'hui, et sa distinction est facile à établir si l'on sait interpréter logiquement les caractères taxinomiques tant *internes* qu'*externes*. La définition que j'en donne permet de

(1) Sur la manière de désigner la nature et la subordination des groupes qui composent le règne végétal (*Lois de la nomenclature botanique*, chap. II, art. 10, 1867).

la circonscrire avec certitude et de reconnaître aussi, au grand désappointement de l'École dialytique, que la majorité des espèces admises aujourd'hui *ne sont pas des espèces, mais de simples sous-espèces*. Ces espèces, réduites par moi dans le genre *Rosa*, possédaient déjà, pour la plupart, conformément aux lois de la nomenclature, des sous-espèces, des variétés, etc., respectivement caractérisées par les données externes. Ce serait donc jeter un trouble profond dans la hiérarchie de ces formes, si l'on n'adoptait un terme spécial pour désigner les espèces réduites qui, en définitive, ont une valeur organographique supérieure aux sous-espèces proprement dites. De là l'expression nouvelle « espèce morphologique », dont la définition a été énoncée plus haut.

En adoptant cette nouvelle interprétation de l'entité spécifique, basée sur des considérations rationnelles et scientifiques, on ne détruit rien à la subordination des formes établies par les floristes ; la comparaison suivante le fait clairement ressortir.

1. *Espèce primaire ou réelle* (déterminée à l'aide des caractères morphologiques et anatomiques).



2. Espèces morphologiques.	2. La plupart des esp. des floristes.
3. Sous-espèces morphologiques.	3. Sous-espèces proprement dites.
4. Races.	4. Races.
5. Variétés.	5. Variétés.
6. Variations.	6. Variations.

CHAPITRE IV

LES HYBRIDES. LEURS CARACTÈRES ANATOMIQUES.

« Aujourd'hui, malgré l'opinion contraire de quelques botanistes, qui, par préjugés ou par ignorance, repoussent leur possibilité, on est bien forcé d'admettre l'existence de nombreux hybrides dans le genre *Rosa*. On ne peut plus

leur dénier cette qualité en face de certains faits. Ces faits sont : la présence ou l'apparition de ces formes plus ou moins intermédiaires dans le voisinage de leurs ascendants supposés et leur absence de tous les lieux où ces ascendants ne croissent pas en compagnie ou dans le voisinage l'un de l'autre, ou des régions où l'un d'eux fait complètement défaut ; la fréquence de la stérilité plus ou moins complète ou de l'atrophie des fruits ; l'organisation imparfaite des grains de pollen ; enfin le mélange ou la superposition des caractères propres aux deux espèces admises comme ascendants. On peut ajouter que les expériences de croisements artificiels, opérées avec le plus grand soin, ont donné des résultats qui confirment l'opinion émise sur les formes hybrides produites à l'état sauvage (1). »

« L'examen des produits hybrides est indispensable pour déterminer si une forme donnée est une variété ou une espèce et si elle n'est pas simplement le produit du croisement d'espèces ou de variétés connues.

« Chez les Roses, la faculté de former des hybrides est très prononcée. Cela tient à *la grande conformité des espèces du genre entre elles et à leurs étroites affinités*.

« Une Rose hybride ne pourra être reconnue comme telle, d'une manière absolument certaine, que dans le cas seulement où elle aura été produite par fécondation *artificielle*, et cela avec toutes les garanties désirables.

« Le seul moyen pratique et le seul certain aussi pour reconnaître qu'une Rose est bien le produit croisé de deux espèces déterminées, consistera en définitive dans l'observation chez le sujet hybride des caractères des deux espèces parentes (2). »

En étudiant les Roses hybrides spontanées, le D^r Christ s'en est tenu à ce diagnostic, auquel on peut faire une objection théorique. Lorsqu'une forme se présentera, réunissant les caractères de deux espèces distinctes, elle pourra être,

(1) F. Crépin, *Rosæ hybridæ*, p. 8, 1894.

(2) Christ, *loc. cit.*, p. 35-38.

au lieu d'un hybride, une *forme intermédiaire* systématique reliant les deux espèces entre elles. L'origine de ce membre intermédiaire serait en rapport avec l'histoire de la formation de ces deux espèces. Nägeli a beaucoup insisté sur ce sujet. Nous admettons cette objection comme fondée, dit Christ, mais nous croyons qu'il existe des moyens pratiques et assez sûrs pour distinguer les formes intermédiaires des hybrides. Chez les Roses, ces derniers sont relativement fréquents, tandis que les *formes intermédiaires sont rares*; ils se trouvent aussi placés généralement par rapport aux espèces primitives dans des conditions d'habitation qui permettent de leur attribuer une origine hybride. De plus, les caractères des produits croisés se présentent de telle façon et donnent à la plante une empreinte telle que son origine se manifeste assez nettement (1).

Ces divers passages, tirés d'ouvrages de deux grands rhodologues, montrent assez clairement : 1° la facilité d'hybridation des Roses; 2° les difficultés que l'on rencontre dans l'étude des hybrides; 3° la façon approximative de les déterminer; 4° les objections que l'on peut faire au diagnostic proposé par ces savants. N'ayant rien à ajouter aux constatations et aux conseils judicieux de MM. Crépin et Christ, je n'examinerai la question des hybrides qu'au point de vue des objections.

1° *Organisation imparfaite des grains de pollen.* — J'ai pu constater (2), après M. Crépin, que la pureté et l'abondance du pollen ne sont pas des caractères constants chez toutes les espèces authentiques et que bon nombre d'entre elles ont un pollen impur et parfois très peu abondant. Ces particularités peuvent même se produire sur des individus de même espèce, à la suite d'influences ambiantes plus ou moins nuisibles. On ne saurait donc reconnaître sûrement

(1) Christ, *loc. cit.*, p. 35-38.

(2) J'ai examiné le pollen de toutes les Roses simples cultivées aux Barres (Loiret), dans la propriété de M. Maurice de Vilmorin. Les espèces, au nombre de 70 environ, ont été déterminées par M. Crépin (Lettre de M. de Vilmorin).

dans l'impureté ou l'atrophie des grains polliniques un caractère d'hybridité. Naturellement, quand cela se produit chez une Rose, il y a de fortes présomptions en faveur de l'hybridité de cette Rose. M. Crépin cite des hybrides incontestables de *R. alpina* et de *R. pimpinellifolia* dont le pollen est complètement pur. Deux de ces pieds, cultivés au Jardin botanique de Bruxelles, ont parfaitement fructifié.

D'autre part, Christ signale aussi la fécondité de certains hybrides. De ce que ces croisements peuvent faire souche de descendants, il résulte une complication extraordinaire de formes nouvelles qui méritent la peine d'être examinées au point de vue anatomique.

2° *Les formes intermédiaires sont-elles rares et les hybrides sont-ils fréquents?* — L'ensemble des nombreuses observations faites sur la biologie et la morphologie externe des Roses a permis de conclure, c'est Christ qui le dit (1), que les formes intermédiaires sont rares et que les hybrides sont nombreux. Je n'admets pas cette constatation, et j'affirme que les formes intermédiaires sont au contraire très nombreuses. Cette divergence de vue provient de ce que mes devanciers avaient une idée inexacte de l'espèce et que la plupart des formes, qualifiées par eux du titre d'espèces, ne sont au plus que des sous-espèces (*espèces morphologiques*). Que l'on veuille bien se donner la peine de relire ce que je dis sur cette entité, et l'on se convaincra qu'une forme n'est véritablement une espèce qu'autant qu'elle possède au moins un caractère *qualitatif*, c'est-à-dire nouveau! Étant données la grande homogénéité des Roses sous tous les points de vue, les affinités étroites qu'ont entre eux la plupart des représentants du genre et la grande variabilité des caractères organographiques, il faut nécessairement que ce caractère *qualitatif* soit d'ordre interne, c'est-à-dire du domaine de l'anatomie. Dans le cours de mes recherches anatomiques antérieures sur les familles et les genres, ce carac-

(1) Christ, *loc. cit.*, p. 38.

tère qualitatif ne m'a jamais fait défaut. Mais, objectera-t-on, les caractères morphologiques retenus pour la création des espèces de Roses sont constants et héréditaires; les semis, les cultures les plus variées ne les ont jamais altérés; ils ont donc une autonomie nécessaire et suffisante pour établir une diagnose spécifique? — Jordan, Christ et M. Crépin n'ont-ils pas reconnu, dans leurs expériences culturales, que les variétés elles-mêmes gardent très bien leur facies externe? « Parmi les plantes sauvages, dit M. Van Tieghem, il en est (*Rosa*) dont les variations sont héréditaires et qui produisent de plus ou moins nombreuses variétés (1). »

Il n'y aurait donc rien de surprenant à ce que bon nombre de plantes admises à titre d'hybrides fussent des formes intermédiaires, d'autant plus que la certitude des botanistes fait place à une grande perplexité en présence d'hybrides nombreux encore mal définis. Cette hypothèse ne sert aucunement ma manière de voir, car les formes intermédiaires que je signalerai succinctement plus loin sont puisées exclusivement dans la foule des espèces morphologiques.

Plusieurs anatomistes ont recherché si l'anatomie se prêtait à la distinction des hybrides. Leur réponse a été affirmative.

Les recherches de M. Marcel Brandza (2) ont porté en particulier sur le *Rosa rugoso-fimbriata* Carr., hybride issu des *R. rugosa* et d'un Rosier qu'on appelle *Mme Alfred Carrière*. L'auteur conclut de son examen que l'hybride ne présente pas dans sa structure des caractères intermédiaires à ceux des ascendants, mais bien une juxtaposition des caractères appartenant à chacun des parents.

M. Gauchery (3), ayant aussi étudié anatomiquement le *Melanthus major-comosus* Bornet, issu du croisement des *M. comosus* Valh. et *M. major* L., a pu reconnaître chez cet

(1) Van Tieghem, *Traité de botanique*, 1^{re} édit., p. 971.

(2) M. Brandza, *Recherches anatomiques sur la structure de plusieurs hybrides* (Rev. gén. de bot., t. II, 1890).

(3) Gauchery, *Sur un MELANTHUS hybride* (in C. R. de l'AFAS, t. II, p. 421, 1896).

hybride un mélange de caractères anatomiques empruntés aux parents. En se plaçant au point de vue des variations dans l'espèce, il est intéressant, dit-il, de remarquer que l'influence du *M. major* sur le *M. comosus* porte plus particulièrement sur certains tissus, épiderme de la feuille et formations épidermiques, faisceaux du bois, tandis que l'écorce, le liber, la moelle, sont peu ou pas modifiés.

J'ai été amené à peu près aux mêmes conclusions que M. Gauchery au sujet des hybrides suivants (1) : *Geum Billieti* Gill. (*G. rivali* $\times$ *montanum*), *Cratægus oxyacantho-germanica* Gill. (*C. oxyacantha* L. $\times$ *Mespilus germanica* L.), *Rumex palustris* Sm. (*R. maritimus* L. $\times$ *R. conglomeratus* Murr.)

Mais il n'en est pas de même des hybrides du genre *Rosa*, sur l'anatomie desquels les ascendants exercent une influence très variable ou nulle.

Ainsi les épidermes foliaires (largeur superficielle des cellules), les tissus mécaniques de la feuille, les stomates, ne sont ordinairement pas influencés par le croisement. Cela tient sans doute à ce que ces tissus et appareils diffèrent déjà très peu les uns des autres chez les ascendants respectifs. Le mésophylle de l'hybride se rapproche davantage de la mère que du père. La moelle de la tige est aussi souvent dans le même cas.

Je me bornerai à signaler les exemples suivants, pour montrer l'influence, au point de vue anatomique, des parents sur l'hybride.

1. *R. pimpinellifolia* $\times$ *alpina*. — Les épidermes foliaires n'indiquent rien. L'hélio-xérophilie, qui est sensiblement égale chez les deux ascendants, se reproduit au même degré chez l'hybride. Le mésophylle, par sa structure et son épaisseur, est intermédiaire, avec un rapprochement marqué vers l'ascendant mâle. Le collenchyme du pétiole de la foliole terminale n'accuse pas un développement supérieur à celui

(1) P. Parmentier, *Du rôle de l'anatomie pour la distinction des espèces critiques ou litigieuses* (Ann. sc. nat., 7^e sér., t. II, 1896).

du *R. alpina*. Le parenchyme cortical de la tige se rapproche, par son épaisseur et le nombre de ses assises, du *R. pimpinellifolia*. La moelle n'indique rien.

2. *R. alpina* $\times$ *pomifera*. — Les épidermes foliaires n'indiquent rien. La xérophilie est sensiblement égale à celle du *R. alpina*. L'héliophilie paraît inférieure à celle des deux parents. L'épaisseur du mésophylle et le développement du collenchyme du pétiole présentent un degré de développement intermédiaire. Le parenchyme cortical n'indique rien. La moelle rapproche l'hybride de l'ascendant *pomifera*.

3. *R. alpina* $\times$ *tomentosa*. — Les épidermes foliaires n'indiquent rien. La xérophilie est sensiblement égale à celle du *R. alpina*. L'héliophilie est accentuée comme chez les parents. L'épaisseur du mésophylle rapproche l'hybride du *R. tomentosa*. Le collenchyme pétioleux n'indique rien. Les cellules de la moitié interne du parenchyme cortical de la tige sont allongées tangentiellement comme chez *R. tomentosa*. La moelle a ses cellules plus larges que chez les ascendants.

4. *R. alpina* $\times$ *coriifolia*. — Les épidermes foliaires n'indiquent rien. L'hybride est aussi hélio-xérophile que ses parents. Le mésophylle se rapproche, par son épaisseur, du *R. coriifolia*. Le parenchyme cortical de la tige est moins puissant que chez les parents. La moelle rappelle celle du *R. coriifolia*.

5. *R. glauca* $\times$ *tomentosa*. — Les épidermes, par l'étendue superficielle de leurs cellules, n'indiquent rien ; par leur inégale épaisseur, ils rapprochent l'hybride du *R. glauca*. L'héliophilie est la même partout. La xérophilie est sensiblement la même que chez *R. glauca*. L'épaisseur du mésophylle n'indique rien. Le parenchyme cortical de la tige est intermédiaire. La moelle n'indique rien ; celle du pédoncule floral a les cellules plus petites que chez les ascendants.

6. *R. nitida* $\times$ *rugosa*. — L'épiderme supérieur n'indique rien, l'inférieur et la longueur des stomates rapprochent l'hybride du *R. nitida*. Le mésophylle n'indique rien, ni par

son épaisseur ni par sa xérophilie ; il accuse une héliophilie supérieure à celle des ascendants. Le parenchyme cortical et la moelle de la tige ne révèlent rien.

Je pourrais signaler encore de nombreux autres hybrides, notamment *R. pimpinellifolia* $\times$ *rubiginosa*, *R. pimpinellifolia* $\times$ *sepium*, *R. alpina* $\times$ *rubrifolia*, *R. alpina* $\times$ *glauca*, *R. rugosa* $\times$ *macrophylla*, etc., que j'ai examinés aussi attentivement, mais ils ne m'offriraient aucune constatation nouvelle.

Il résulte, de ce qui précède, que l'anatomie n'est, dans l'état actuel de nos connaissances et pour le genre *Rosa* en particulier, d'aucun secours appréciable pour la distinction des hybrides. Il importera, avant tout, de faire de nombreuses observations sur des hybrides d'une authenticité irrécusable, c'est-à-dire obtenus par des expériences directes ; d'étudier, avec le plus grand soin, tous les organes végétatifs et le pollen de ces hybrides, puis de les comparer aux organes homologues des ascendants. Cette technique fournira peut-être des indications assez précieuses qui permettront de reconnaître les hybrides du genre *Rosa*.

On sait qu'après un certain nombre de générations les hybrides féconds perdent leurs caractères distinctifs et tendent à revenir à l'un de leurs parents. Cette instabilité conduit logiquement à cette remarque que les descendants d'un hybride sont normalement peu nombreux. En second lieu, je ferai observer que, quoi qu'on dise sur la prétendue qualité spécifique de certains hybrides ou de leurs descendants, jamais il ne m'a été permis de la certifier, et qu'au contraire les caractères rencontrés par moi étaient purement *quantitatifs* et équivalents à ceux des formes végétales secondaires.

Qu'on ne vienne donc pas me faire un grief de ne tenir aucun compte des hybrides dans la confection de mes arbres généalogiques. Les séries de dérivation issues des groupes nodaux ne comprennent jamais que des *espèces*. Quand ces dernières comportent des races, des variétés, etc., connues de moi, je les groupe à part, à la suite de l'espèce qui les a engendrées. Elles ne troublent donc en rien l'évolution et

la filiation des espèces. Sachant aussi que les caractères d'un hybride sont au plus équivalents à ceux des entités inférieures à l'espèce, il m'importe donc peu d'ignorer la nature hybride d'un individu. Dans mon arbre généalogique, je le grouperai avec ces entités, sous leur dénomination et à son rang; de ce fait, la généalogie n'aura subi aucun trouble. C'est dans cet ordre d'idées que j'essaierai de dresser la généalogie des sections du genre *Rosa*.

CHAPITRE V

EXISTE-T-IL DES CARACTÈRES ANATOMIQUES DE SECTIONS?

Non. Les sections, de même que de nombreux genres, étant des groupements artificiels, ne sauraient être diagnostiquées anatomiquement. Il est cependant des cas où l'anatomie confirme ces divisions taxinomiques : ce sont ceux où l'organographie fournit des caractères précis, nettement tranchés au point de vue qualitatif. Ces caractères sont toujours propres au groupe que l'on veut circonscrire. Tel n'est pas le cas des sections du genre *Rosa*. Les caractères sur lesquels le phytographe a spéculé, tirés des styles, sépales, bractées, feuilles, tiges, aiguillons, stipules, inflorescences, insertion des ovaires, etc., pour créer les diverses sections aujourd'hui admises par M. Crépin, ne sont pas propres à chaque section; ils empiètent sur plusieurs autres, aucun n'a une valeur absolue (1). De telle sorte que lesdites sections ne se distinguent que par la *quantité* et non par la *qualité* du caractère.

Ainsi l'agglutination des styles appartient aussi bien aux *Stylosæ* qu'aux *Synstylæ*; leur inclusion existe dans presque toutes les autres sections. La caducité et la réflexion externe des sépales sont propres aux *Synstylæ*, *Stylosæ*, *Indicæ*,

(1) Christ, *loc. cit.*, p. 14.

Banksiæ, *Gallicæ*, *Caninæ*, *Carolinæ* et *Bracteataæ*. Le caractère tiré de l'absence ou de la présence des bractées ne circonscrit aucune section. Le nombre de folioles portées par les feuilles moyennes est, sauf pour les *Sericeæ* et *Bracteataæ* (9-fol.), les *Minutifoliæ* (7-fol.), les *Lævigatæ* (3-fol.) et les *Microphyllæ* (11-13-15-fol.), aussi peu précis que les précédents. La tige est sarmenteuse dans cinq ou six sections et dressée chez toutes les autres. La forme des aiguillons, leur alternance ou leur gémination, leur absence ou leur présence, avec ou sans acicules, sont autant de caractères communs à plusieurs sections. On peut en dire autant des stipules, de leur persistance ou de leur caducité; des inflorescences muli ou pauciflores, de l'insertion pariétale, basi-pariétale ou basilaire des ovaires.

Le floriste ne parviendra jamais à individualiser ces sections et, *à fortiori*, à les faire accepter comme naturelles. Il ne s'ensuit pas, pour cela, qu'il faille les abandonner et n'en tenir aucun compte. Loin de moi cette pensée! Il faut au contraire les maintenir, car elles sont autant de jalons précieux à observer dans la détermination des types spécifiques; elles font ressortir admirablement aussi les liens de parenté qu'ont entre elles, grâce à des allures et à des influences de milieux spéciales, les branches de dérivation du genre par rapport au groupe nodal. Leur maintien rencontre même en anatomie une certaine justification, quoique faible. Ainsi les *Pimpinellifoliæ*, les *Minutifoliæ* et les *Lævigatæ* sont caractérisés anatomiquement par l'absence ordinaire de fibres mécaniques péridermiques dans les nervures secondaire et médiane de la foliole terminale, le pétiolule de cette dernière est très souvent dans le même cas. Les *Cinnamomeæ* le sont aussi par une très grande inconstance de ce caractère, l'inégale longueur des stomates et l'épaisseur du mésophylle. Le classement naturel des espèces qui constituent cette section doit être très difficile avec les seules données organographiques. J'y reviendrai plus loin. Les *Caninæ* présentent toutes la plus parfaite homogénéité :

Cellules de l'épiderme supérieur grandes ou très grandes ; stomates d'une longueur toujours supérieure à 30 μ ; fibres mécaniques extra-libériennes des nervures à parois épaisses ; existence fréquente de fibres mécaniques dans la moitié externe du liber de la tige. Les *Synstylæ*, *Indicæ* et *Banksiæ* sont dépourvues de ces fibres ; il en est de même des *Carolinæ* ; alors qu'on les retrouve chez les *Stylosæ*, *Gallicæ* et quelques représentants du *R. cinnamomea* L. Il y aura là de curieuses observations taxinomiques à faire et non désavouées par la morphologie. On pourrait dresser *approximativement*, de la manière suivante, le tableau des caractères anatomiques qui, par leur fréquence ou leur tendance à se produire, peuvent servir à différencier les sections. Il est enfin d'autres caractères d'ensemble que l'on ne peut exprimer textuellement et dont l'appréciation ne peut être faite qu'avec l'aide de dessins comparatifs.

- I. *Synstylæ* : Cellules épidermiques de la foliole terminale moyennes ou petites, rarement grandes. Fibres libériennes nulles dans la tige.
- II. *Indicæ* : Épiderme supérieur ordinairement deux fois plus épais que l'inférieur. Stomates plus grands que les cellules environnantes. Moelle du pédoncule floral à cellules grandes.
- III. *Banksiæ* : Fibres périodermiques des nervures de la feuille nulles.
- IV. *Stylosæ* : Cellules épidermiques grandes ou très grandes. Fibres libériennes dans la tige. Cellules médullaires très grandes.
- V. *Gallicæ* : Cellules épidermiques très grandes, grandes ou moyennes. Fibres libériennes dans la tige. Cellules médullaires grandes ou moyennes.
- VI. *Cuninæ* : Cellules de l'épiderme supérieur ordinairement très grandes ou grandes. Stomates d'une longueur supérieure à 30 μ . Fibres libériennes inconstantes dans la tige.
- VII. *Carolinæ* : Mésophylle d'une épaisseur inférieure à 100 μ . Fibres périodermiques souvent à parois minces.
- VIII. *Cinnamomeæ* : Caractères très inconstants. Fibres libériennes nulles (Excepté *R. Cinnamomea*).
- IX. *Pimpinellifoliæ* : Fibres périodermiques nulles. Fibres libériennes inconstantes.
- X. *Luteæ* : Fibres libériennes nulles.
- XI. *Sericeæ* : Cellules épidermiques moyennes ou petites.
- XII. *Minutifoliæ* : Fibres libériennes dans la tige.
- XIII. *Bracteatæ* : Fibres périodermiques constantes. Cellules de l'épiderme inférieur très petites.
- XIV. *Lævigatæ* : Épidermes foliaires onduleux ou subonduleux.
- XV. *Microphyllæ* : Cellules épidermiques petites. Fibres libériennes de la tige inconstantes.

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE VI

RECHERCHES SUR LA VALEUR TAXINOMIQUE DES SECTIONS ET
DES ESPÈCES ÉTABLIES PAR M. CRÉPIN, ET ESSAI D'UNE
CLASSIFICATION NATURELLE DE CES ESPÈCES.

Au début de ce chapitre, je crois utile de donner la liste
des espèces établies par M. Crépin, suivant l'ordre dans
lequel il les a groupées.

SECT. I. — SYNSTYLÆ

- R. microcarpa Lindl.
- R. Colletti Crép.
- R. multiflora Thunb.
- R. Luciae Franch. et Rocheb.
- R. Wichuraiana Crép.
- R. tunquinensis Crép.
- R. anemonæflora Fort.
- R. Watsoniana Crép.
- R. setigera Michx.
- R. phœnicia Boiss.
- R. moschata Herrn.
 - R. Abyssinica R. Br.
 - R. longicuspis Bert.
 - R. Leschenaultiana Wight et Arn.
- R. soulieana Crép.
- R. sempervirens L.
- R. arvensis Huds.

SECT. II. — STYLOSÆ

- R. stylosa Desv.

SECT. III. — INDICÆ

- R. indica Lindl.
- R. gigantea Collett.

SECT. IV. — BANKSLÆ

- R. Banksia R. Br.

SECT. V. — GALLICÆ

- R. gallica L.

SECT. VI. — CANINÆ

Sous-sect. EUCANINÆ

- R. canina L.
- Groupe : R. lutetiana Lem.
 - R. dumalis Bechst.
 - R. andegavensis Bast.
 - R. verticillacantha Mér.
 - R. scabrata Crép.
 - R. Blondeana Rip.
 - R. dumetorum Thuill.
 - R. Deseglisei Bor.

- R. Pouzini Tratt.
- R. tomentella Lem.
- R. obtusifolia Desv.
- R. abietina Gren.
- R. glauca Vill.
- R. coriifolia Frie.
- R. uriensis Lagge et Pug.
- R. montana Chaix.

Sous-sect. RUBRIFOLLE

- R. rubrifolia Vill.

Sous-sect. RUBIGINOSÆ

- R. Rubiginosa L.
- R. micrantha Sm.

R. sepium Thuill.
R. graveolens Gren.
R. zalana Wiesb.
R. iberica Stev.
R. seraphini Viv.
R. sicala Tratt.
R. glutinosa S. et Sm. (1).

Sous-sect. TOMENTOSÆ

R. tomentosa Sm.
R. omisa Déségl.

Sous-sect. VILLOSÆ

R. pomifera Herrn.
R. mollis Sm.
R. orientalis Dup.
R. Heckeliana Tratt.

Sous-sect. ELYMAITICÆ

R. elymaitica Boiss. et Hausskn.

Sous-sect. JUNDZILLIÆ

R. Jundzilli Bess. (= *R. trachyphylla* Rau).

SECT. VII. — CAROLINÆ

R. carolina L.
R. humilis M.
R. nitida Willd.
R. foliosa Nutt.

SECT. VIII. — CINNAMOMEÆ

R. cinnamomea L.
R. nutkana Presl.
R. pisocarpa A. Gr.
R. blanda Ait.
R. arkansana Port.
R. californica Ch. et Schl.
R. rugosa Thunb.
R. Kamtschatica Vent.

R. spithamea Wats.
R. gratissima Greene.
R. laxa Retz.
R. Beggeriana Schrenk.
R. anserinæfolia Boiss.
R. algoiensis Crép.
R. Alberti Regel.
R. gymnocarpa Nutt.
R. macrophylla Lindl.
R. Webbiana Wall.
R. oxyodon Boiss.
R. acicularis Lindl.
R. sayi Schw.
R. nipponensis Crép.
R. alpina L.

SECT. IX. — PIMPINELLIFOLIÆ

R. pimpinellifolia L.
R. xanthina Lindl.

SECT. X. — LUTEÆ

R. lutea Mill.
R. sulphurea Ait.

SECT. XI. — SERICEÆ

R. sericea Lindl.

SECT. XII. — MINUTIFOLIÆ

R. minutifolia Engelm.

SECT. XIII. — BRACTEATÆ

R. bracteata Wendl.
R. clinophylla Thory (= *R. involu-crata* Roxb.).

SECT. XIV. — LÆVIGATÆ

R. lævigata Mich.

SECT. XV. — MICROPHYLLÆ

R. microphylla Roxb.

Dans une note (2), publiée le 8 avril dernier, j'ai démontré, d'une façon irréfutable, que le *R. berberifolia* Pall. (= *Hulthemia berberifolia* Dumort.) était bien un Rosier et que, en cette qualité, il devait figurer dans le genre *Rosa*.

« Il n'est pas possible, disais-je, en présence de preuves

(1) M. Crépín ne connaît pas encore exactement la place de cette espèce.

(2) Parmentier, *Recherches anatomiques et taxinomiques sur le Rosa BERBERIFOLIA* Pall. (in Bull. Soc. roy. de bot. de Belgique, t. XXXVI, 2^e partie, p. 24-35, 1897).

aussi indiscutables que celles que j'ai exposées plus haut en faveur de la parfaite authenticité du *R. berberifolia* et de son autonomie, de classer cette espèce dans l'une quelconque des sections du genre. Il faut l'isoler ! Doit-on simplement en faire le type d'une section nouvelle ou l'élever à la dignité sous-générique ? Ses feuilles 1-fol., ses stomates sur les deux épidermes de la feuille, l'absence de stipules, etc., constituent un ensemble de caractères taxinomiques supérieurs à ceux employés dans la diagnose respective des sections : un sous-genre s'impose donc ! »

Dès lors, le genre *Rosa* comprend deux sous-genres différenciés de la manière suivante :

I. EXSTIPULÆ. — Feuilles simples, sans stipules ; stomates développés sur les deux épidermes foliaires... *R. berberifolia* Pall.

II. STIPULÆ. — Feuilles composées, munies de stipules ; stomates nuls sur l'épiderme supérieur... (*Tous les autres Rosa.*)

Sous-genre STIPULÆ.

SECTION I. — *Synstylæ*.

Les espèces de cette section ne présentent aucun caractère anatomique qualitatif (excepté *R. Watsoniana*) ; toutes possèdent la même organisation interne. Il ne s'ensuit pas pour cela que cette section ne renferme qu'une espèce. Mes recherches m'ont révélé des caractères nouveaux d'une grande importance taxinomique, tirés des dimensions superficielles des cellules épidermiques foliolaires, de l'existence ou de l'absence de fibres péridermiques dans les nervures et de fibres libériennes dans la tige. Le premier de ces caractères est *quantitatif*, les autres sont *qualitatifs* ; mais ceux-ci, à cause de leur inconstance chez les représentants d'une même espèce, n'ont pas la valeur *pratique* du premier. Néanmoins, par la tendance qu'ils ont à se manifester, ils

peuvent très bien diagnostiquer les espèces morphologiques au même titre que le premier.

A côté de ces caractères, il en est d'autres tirés des dimensions relatives des stomates, de la qualité et de l'épaisseur du mésophylle, des dimensions des cellules médullaires de la tige et du pédoncule floral, de l'existence ou de l'absence des fibres mécaniques extra-libériennes et de la disposition du collenchyme dans ce dernier organe, etc. — Tous ces caractères ont une valeur très inégale, mais ils sont, en général, d'un grand secours pour la distinction de plusieurs espèces et de leurs formes dérivées.

L'ordre dans lequel M. Crépin a groupé les espèces de la section est à peu près entièrement confirmé par l'anatomie. Je ne diffère de ce savant que sur la valeur taxinomique attribuée à chaque représentant. La combinaison judicieuse des caractères morphologiques et anatomiques ne me permet pas d'admettre quatorze espèces dans cette section.

Le *R. microcarpa* Lindl. (1), par ses stipules libres et caduques, ses pétales très petits, son style velu, les très petites cellules de ses épidermes foliolaires (fig. 14), ses stomates d'une longueur moyenne de 26 μ , plus grands que les cellules environnantes, les cellules médullaires de la tige petites (fig. 13) et celles du pédoncule floral très petites, constitue une espèce morphologique bien caractérisée.

Le *R. Colletti* Crép. est une forme du précédent, dont il se distingue par la forme de ses sépales et de ses folioles, par ses stipules qui sont un peu plus adnées (2) et son mésophylle plus épais. Les cellules épidermiques et médullaires sont identiquement les mêmes que chez *R. microcarpa*.

Je n'hésite pas à placer ici le *R. tunquinensis* Crép., parce qu'il se confond anatomiquement avec le *R. microcarpa*. Cellules épidermiques (fig. 16), stomates, mésophylle

(1) Pour donner moins d'étendue à ce Mémoire, j'ai omis à dessein de mentionner les caractères morphologiques. Il va sans dire que j'ai toujours tenu grand compte de ces derniers pour la détermination des espèces primaires et morphologiques.

(2) Crépin, *Primitiæ*, 1874-1889.

(fig. 15), parenchyme cortical de la tige, rappellent parfaitement cette dernière espèce, qui n'en diffère que par ses cellules médullaires un peu plus grandes. Le *R. tunquinensis*, avec ses fleurs doubles, est une espèce au même titre que la précédente.

Le *R. multiflora* Thunb. se rattache intimement au *R. microcarpa* et en particulier au *R. Colletti* par tous ses caractères anatomiques. N'étaient les cellules de son épiderme inférieur (fig. 17), plus larges, ses stomates un peu plus longs et plus petits que les cellules voisines, je confondrais ce Rosier avec *R. Colletti*. M. Crépin reconnaît lui-même que le *R. multiflora* se rapproche beaucoup des *R. microcarpa* et *R. Luciae*. Il ne diffère du premier que par les stipules profondément fimbriées, la forme de ses folioles et d'autres caractères qu'il ne mentionne pas. Du second il se rapproche davantage (1) et n'en diffère que par son inflorescence à ramifications différentes, par ses bractées secondaires plus longues, par ses aiguillons moins régulièrement gémés et par ses dents foliaires un peu différentes. M. Crépin fait encore remarquer qu'il existe des formes, soit du *R. multiflora*, soit du *R. Luciae* assez obscures qui laissent des doutes dans son esprit.

Comme on le voit, la morphologie ne donne pas ici un critérium plus affirmatif que l'anatomie. Le *R. multiflora* n'est donc pas une espèce morphologique, mais simplement une nouvelle forme secondaire du *R. microcarpa* (2).

Si nous examinons ensuite le *R. Luciae* Franch et Rocheb. et que nous le comparions anatomiquement au précédent, nous ne trouvons dans la feuille, la tige et le pédoncule floral aucun caractère permettant de le séparer nettement du *R. multiflora*. Il peut en différer par les cellules de l'épiderme supérieur, qui sont grandes ou moyennes (fig. 18), et la disposition du collenchyme du pédoncule floral, qui est

(1) Crépin, *Primitæ*, 1874.

(2) La culture peut faire disparaître les fibres péridermiques que le *R. multiflora* possède normalement à l'état spontané.

en couronne, tandis que chez le *R. multiflora* ce tissu est disposé en massifs très inégaux.

Je ne saurais donc voir une espèce dans ce Rosier, et je le considère comme une nouvelle forme secondaire du *R. microcarpa* (1).

L'expression *forme secondaire*, employée par moi, doit être prise dans un sens général. Elle comportera, dans cet ouvrage, les races, variétés ou variations, mais jamais les espèces. Je laisse au phytographe le soin d'attacher à la plante que cette forme désignera, et suivant le cas, le nom de l'une des trois entités précédentes.

Le *R. Wichuraiana* Crép. me paraît une espèce assez bien définie : 1° par la grande épaisseur de ses épidermes (supérieur 40 μ , inférieur 25-30 μ) ; 2° par la longueur de ses stomates (36 μ) ; par ses cellules épidermiques de largeur moyenne (fig. 20) ainsi que par d'autres caractères de moindre valeur (fig. 19).

Le *R. anemonæflora* Fort. se confond anatomiquement avec le précédent, et je serais volontiers porté à en faire une forme secondaire, si les raisons capitales invoquées par M. Crépín (2) ne commandaient la distinction. N'ayant pas à ma disposition la diagnose du *R. Wichuraiana*, il m'est donc impossible d'apprécier les affinités externes de ces deux types. Quoi qu'il en soit, l'anatomie n'en fait pas deux espèces. Si donc les caractères morphologiques du *R. anemonæflora* paraissent avoir plus de valeur que ceux tirés du *R. Wichuraiana*, je propose d'attribuer la dignité spécifique à la Rose de Fortune et de ramener celle de M. Crépín au rang de forme secondaire.

Le *R. Watsoniana* Crép. (3) est une espèce *primaire*. Son

(1) M. Crépín (*in Bull. Soc. roy. bot. de Belgique*, t. XXI, 2^e partie) pense que le *R. Luciae* pourrait bien n'être en réalité qu'une race du *R. multiflora*. Ma manière de voir ne s'y oppose pas.

(2) Crépín, Note sur le *R. anemonæflora* Fort. (*in Bull. Soc. roy. bot. de Belgique*, t. XXI, 2^e partie).

(3) Id., *Novæ Rosæ descriptio* (*R. Watsoniana* Crép.) *Ibid.*, t. XXVIII, 2^e partie).

mésophylle centrique, dont toutes les assises sont transformées en palissades (fig. 21), lui fournit un caractère qualitatif suffisant pour l'élever à cette dignité. La culture ne modifie pas ce caractère. J'ai pu m'en convaincre en examinant des échantillons provenant de l'*Arnold arboretum* près Boston.

Une espèce morphologique peut, je l'ai dit, devenir une espèce *primaire*; elle peut aussi donner naissance à une espèce *primaire* simplement avec l'une de ses races ou variétés. Ce phénomène, assez rare, se produit quand la race ou la variété est soumise à une adaptation très spéciale, qui lui imprime un facies et des caractères internes absolument invariables. Tel est le cas, on le verra plus loin, des *R. Vesquensis* Spin. et *R. Ecæ* Aitch. La première espèce comprend les individus rigoureusement microphylls du *R. Webbiana* Wall., et la seconde est formée par le type microphyll du *R. xanthina* Lindl.

D'autres caractères, tirés des épidermes foliaires, du parenchyme cortical de la tige et du pédoncule floral, rapprochent le *R. Watsoniana* du *R. anemonæflora*.

Le *R. setigera* Michx inaugure une seconde série des *Synstylæ* caractérisée par les grandes cellules médullaires de leurs tiges (fig. 22), toutes les espèces précédemment étudiées ayant ces cellules petites ou moyennes. Ce caractère peut comporter quelques exceptions, notamment dans certaines variétés du *R. moschata* Herrn. Le *R. setigera* (1) se rapproche du *R. Watsoniana* par ses épidermes, les dimensions relatives de ses stomates, l'épaisseur de son mésophylle, les grandes dimensions des cellules médullaires et l'existence de fibres péridermiques nettement développées dans la nervure médiane. Je considère ce Rosier américain comme une espèce morphologique.

Le *R. phœnicia* Boiss. est, d'après M. Crépin (2), un type spécifique éminemment caractérisé. C'est avec le *R. mos-*

(1) F. Crépin, *Primitiæ*, 1862.

(2) Id., *Primitiæ*, 1879, et *Distribution géographique du R. PHŒNICIA* Boiss. (Bull. Soc. bot. Belgique, t. XXI, 2^e partie).

chata que ce Rosier offre le plus de traits de ressemblance et de rapports d'affinité. Ces deux espèces n'en restent pas moins très distinctes par des caractères que M. Crépin considère comme fort importants, tels que le nombre des folioles et leur forme, la forme des dents foliaires, la persistance des bractées et la forme des sépales. Ces caractères sont constants dans les riches matériaux que ce savant a pu étudier.

De mon côté, je suis beaucoup moins affirmatif, car l'anatomie révèle très peu de différences entre les *R. phœnicia* et *R. moschata*. Ces différences ne portent que sur des quantités même assez faibles, telles que l'inégale épaisseur des épidermes foliaires, des mésophylles et des cellules médullaires. Par les dessins que je possède, je me rends très bien compte des besoins physiologiques du *R. phœnicia* et des rapports d'affinité qu'il a avec le *R. moschata*; mais je ne distingue pas, comme précédemment, de sérieux caractères spécifiques. Avant de lire l'analyse de M. Crépin, j'avais placé la Rose de Boissier parmi les formes secondaires du *R. moschata*, mais, en présence des caractères externes sérieusement invoqués par M. Crépin, et aussi pour me conformer à la théorie que j'ai donnée de l'espèce, il y a lieu de considérer le *R. phœnicia* comme une espèce morphologique.

Le *R. moschata* Mill. est une espèce très polymorphe tant au point de vue morphologique qu'au point de vue anatomique. Ses variétés *ruscinonensis* Gr. et Déségl., *abyssinica* R. Br., *longicuspis* Bert. et *Leschenaultiana* Wight. et Arn. sont assez bien caractérisées anatomiquement. Les caractères internes de cette espèce se rapprochent beaucoup de ceux du *R. sempervirens* L. et partant de ceux du *R. arvensis* Huds. Le *R. moschata* ne diffère des deux derniers que par le parenchyme cortical de la tige ordinairement plus puissant, composé de 16-18 assises de cellules, par le mésophylle plus dense, le parenchyme spongieux à cellules moins longues (c. transvers.) et plus régulièrement disposées horizontalement. Il est difficile de dégager nettement

cette espèce de celles avec lesquelles elle a tant d'affinités, si l'on a recours aux diagnoses qu'en a données M. Crépin (1). Malgré cela, cet auteur reconnaît qu'il n'y a rien d'absolu « dans les caractères assignés aux *P. moschata* et *sempervirens*, qui sont néanmoins parfaitement distinctes ».

Le *R. moschata* n'est qu'une espèce morphologique.

La variété *ruscinonensis* n'est caractérisée anatomiquement que par l'épiderme inférieur foliolaire onduleux ou subonduleux au lieu de recticurviligne.

La variété *abyssinica* l'est par le parenchyme dense du mésophylle, dont les palissades sont moitié moins larges que chez les autres représentants, par ses longs stomates (36 μ), par les grandes cellules médullaires du pédoncule floral, ainsi que par les nombreux poils glandulifères du pétiole.

La variété *longicuspis*, par la grande épaisseur du mésophylle (143 μ au lieu de 80-110), par son parenchyme spongieux très lacuneux et à cellules sensiblement isodiamétriques, ainsi que par la grande épaisseur de son épiderme supérieur (38 μ au lieu de 26-33). Il n'y aurait pas d'exagération à considérer cette forme comme une sous-espèce.

La variété *Leschenaultiana* se rapproche beaucoup de la précédente par ses petites cellules épidermiques, et du *R. abyssinica* par ses longs stomates et l'épaisseur du mésophylle. Elle diffère : 1° du *R. longicuspis* par son mésophylle plus compact et moins épais et les dimensions de ses stomates ; 2° du *R. abyssinica* par ses palissades plus larges, les cellules médullaires du pédoncule floral beaucoup plus petites et l'absence de poils glandulifères sur le pétiole.

Je n'hésite pas à rattacher le *R. soulieana* Crép., en qualité de sous-espèce morphologique, au *R. moschata*, dont il se rapproche beaucoup plus que du *R. sempervirens*. La petitesse des cellules épidermiques foliolaires (fig. 23), la compacité du mésophylle, le parenchyme spongieux peu

(1) Crépin, *Primitiæ*, 1879.

lacuneux, à cellules courtes, sont autant de caractères communs entre les *R. soulieana* et *R. moschata*. On le distinguera néanmoins de ce dernier par les cellules de son épiderme supérieur, qui sont très petites, et par les cellules du parenchyme spongieux, qui sont ovoïdes, le grand axe plus ou moins perpendiculaire à l'épiderme inférieur.

Les deux derniers représentants de la section *Synstylæ* sont très difficiles à différencier anatomiquement, à cause des caractères communs à chacun d'eux fournis par les organes ou appareils qui m'ont servi jusqu'ici à distinguer les espèces précédentes. Les épidermes foliolaires, les stomates, le mésophylle, les nervures, le pétiole terminal, la base du pétiole, la tige, etc., ne révèlent rien, si ce n'est que les deux types ne forment qu'une seule et même espèce. Le *R. arvensis* Huds. varie plus dans ses caractères anatomiques que le *R. sempervirens* L.; cela tient sans doute à son aire de dispersion. Il est, en effet, un type de l'Europe tempérée, et conséquemment soumis à une adaptation moyenne, tandis que le *R. sempervirens* est surtout un type de la région méditerranéenne. Aussi la xérophilie y est-elle beaucoup plus accentuée que chez son congénère. Les caractères anatomiques communs à ces deux Rosiers se maintiennent parfaitement. Ils ont tous un parenchyme spongieux très lacuneux (fig. 24), des fibres péridermiques bien développées, le parenchyme cortical de la tige à peu près d'égale épaisseur et composé de 14-16 assises cellulaires; les cellules médullaires de la tige grandes ou moyennes, etc. Leur héliophilie oscille entre de larges limites.

Le *R. arvensis* ne se distingue guère du *R. sempervirens*, que par la grande dimension des cellules médullaires du pédoncule floral (fig. 25); caractère évidemment peu important.

De son côté, M. Crépin (1) nous enseigne qu'en présence des nombreuses variations que subissent les *R. arvensis* et

(1) F. Crépin, *Primitiæ*, 1879.

R. sempervirens, il n'est pas possible d'assigner une série de caractères distinctifs d'une constance absolue à l'un et à l'autre de ces types, qui sont néanmoins parfaitement distincts. Il y a bien, dit-il, un caractère biologique tiré de la persistance et de la caducité des folioles pendant l'hiver qui est de la plus haute importance; mais, malheureusement, ce caractère n'est pas d'une utilité pratique pour la distinction des échantillons d'herbier.

Les deux diagnoses que nous donne le savant belge font très bien ressortir les différences respectives de ces deux Roses. Quant à la persistance des folioles, je la considère comme un effet d'adaptation au climat méditerranéen.

Si, d'une part, l'on se reporte au chapitre où je traite de l'espèce végétale, on verra que les *R. sempervirens* et *arvensis* ne sont pas deux types spécifiques; et si, d'autre part, on examine les caractères retenus par moi dans la distinction des espèces morphologiques ou secondaires de la section, on reconnaîtra aussi que ces caractères ont une valeur supérieure, en raison de leur constance assez grande, à ceux qui sont exprimés dans les deux Rosiers en litige. La conclusion logique serait que le *R. arvensis* est une espèce morphologique et le *R. sempervirens* une race régionale du précédent. Mais en présence des raisons sérieuses invoquées par M. Crépin, il serait préférable d'élever le *R. sempervirens* au rang de sous-espèce du précédent.

La section *Synstylæ* comprend donc 8 espèces, dont 1 primaire (*R. Watsoniana*) et 7 morphologiques. Les autres, qualifiées du titre d'espèces, ne sont, à mon avis, que des formes secondaires (1).

Avant d'aborder l'examen des espèces des autres sections, je crois devoir appeler l'attention du lecteur sur l'ordre suivant lequel M. Crépin a disposé les sections *Stylosæ*, *Indicæ*, *Banksiæ* et *Gallicæ*.

La section *Stylosæ* vient immédiatement après celle des

(1) En voir la nomenclature à la fin du chapitre, p. 114.

Synstylæ. « Le groupement des formes de cette section, nous dit M. Crépin, a été conservé par M. Déséglise comme une division de la section *Synstylæ* sous le nom de *Stylosæ* (Cat., n^{os} 23-29, 1876) et par M. Gandoger comme une division de la section *Ripartia* sous le nom *Stylosæ* (*Essai sur une nouvelle classification des Roses*, p. 12; 1876). Méconnaissant les vrais caractères distinctifs des formes de cette section, qui me paraît devoir être conservée, un certain nombre de botanistes modernes les confondent dans la section des *Caninæ* (1). »

Et plus tard (2), M. Crépin écrit ce qui suit : « Les erreurs assez nombreuses de détermination qui ont été commises au sujet du *R. stylosa*, témoignent évidemment que cette espèce ne présente pas des caractères distinctifs très accusés, surtout sur les spécimens d'herbier. En effet, il arrive que ceux-ci simulent parfois assez bien le facies de certaines variétés du *R. canina*. C'est cette ressemblance d'aspect qui a conduit plusieurs botanistes à comprendre le *R. stylosa* dans la sous-section *Eucaninæ* et qui a même fait prendre celui-ci pour une simple variété du *R. canina*. J'estime néanmoins que le type de Desvauz doit occuper une place particulière dans la classification et constituer, du moins provisoirement, une section. Jusqu'à présent, je n'ai pas eu l'occasion d'étudier cette espèce sur le vif, à l'état sauvage; je n'ai encore pu l'observer qu'à l'état cultivé. Mais d'après les renseignements fournis par de bons observateurs, il paraît que le facies de ses buissons est bien différent de celui de toutes les formes du *R. canina* et que leur allure rappelle assez bien les *Synstylæ*. Outre son facies général, le *R. stylosa* tient encore aux *Synstylæ* par ses stipules supérieures étroites et par ses styles agglutinés en colonne. Sa colonne styloïde est tantôt courte, ne dépassant pas l'orifice du réceptacle, tantôt assez saillante et même

(1) Crépin, *Primitiæ*, 1879.

(2) Crépin, *La distribution géographique du R. STYLOSA* Desf. (Bull. Soc. roy. bot. de Belgique, t. XXI, 1892).

parfois assez longue pour simuler celle du *R. arvensis*. »

Le Dr Christ (1) émet une autre opinion. « Il n'y a pas de rapport intime, dit-il, entre les *R. stylosa* Desv. et *R. arvensis* Huds. L'appréciation erronée qu'on a faite à ce sujet provient de l'adoption malheureuse d'un caractère unique pour la formation des groupes, savoir, dans le cas présent, de la conformation des styles, qui, dans le *R. stylosa*, sont très allongés et dépassent beaucoup le disque qui est lui-même allongé et conique. Cette disposition, qui se rencontre aussi dans d'autres formes du *R. dumetorum* [notamment dans la singulière variété : *R. dumetorum* var. *longystyla* Burn. et Gr. (2)], rappelle extérieurement celle du *R. arvensis* ; elle a conduit à placer le *R. stylosa* dans les *Synstylæ*, mais à tort, car ce n'est qu'une véritable Rose *Cynorhodon* différant seulement du *R. dumetorum* par des caractères d'ordre secondaire ; celui tiré de la forme des styles et du disque doit être réservé pour l'établissement de clefs dichotomiques. »

M. E. Burnat (3) « ferait volontiers de cette Rose le membre principal d'une sous-section des *Caninæ* qui serait composée des *glabræ* (*caninæ*), *pubescentes* (*dumetorum*), *stylosæ* (*stylosa*). C'est-à-dire qu'il rangerait le *R. stylosa* entre les espèces de la première colonne du tableau de Christ, car l'inflorescence, avec ses bractées étroites, la forme du disque, celle des aiguillons, le facies du buisson, etc., ne permettent pas de confusion ».

A son tour, M. Amb. Gentil (4) rapproche le *R. stylosa* du *R. dumetorum*. « Écarter davantage, dit-il, le *R. stylosa* du *R. demetorum*, c'est séparer deux choses semblables, tandis que le réunir au *R. systyla* Bast. (5), en s'appuyant sur le

(1) Christ, *Le genre Rosa* (p. 31, trad. E. Burnat, 1885).

(2) Burnat et Gremli, *Roses des Alpes-Maritimes*, suppl., p. 32.

(3) Christ, *loc. cit.*, p. 31, n° 2.

(4) A. Gentil, *Histoire des Roses indigènes de la Sarthe* (Le Mans, p. 44, 1897).

(5) Les *R. stylosa* Desr. et *systyla* Bast. ne font qu'une seule et même espèce (fig. 28).

seul fait de l'exsertion des styles glabres, ce serait rapprocher deux choses bien distinctes sous tous autres rapports. »

En présence d'une telle discordance de vues, il est difficile de se faire une opinion, surtout quand des rhodologues éminents comme Christ et M. Crépin sont en cause.

Je vais, je l'espère, trancher nettement la question à l'aide des caractères anatomiques. Les *R. stylosa* Desv. ou *systyla* Bast. sont très éloignés de la section des *Synstylæ*. Leurs caractères anatomiques se confondent avec ceux du groupe des *Eucaninæ*. J'ai examiné des échantillons de *R. stylosa* provenant de la Savoie, de la Haute-Savoie et des Bouches-du-Rhône, et toujours ils m'ont fourni les caractères suivants : cellules épidermiques grandes ou très grandes (fig. 26); cellules médullaires des rameaux toujours très grandes; enfin le caractère *qualitatif* suivant : fibres mécaniques dans la moitié externe du liber de la tige (échantillons de la Savoie et de la Haute-Savoie) (fig. 27). Or les cellules épidermiques des *Synstylæ* sont ordinairement très petites, petites ou moyennes et jamais le liber de la tige n'a présenté de fibres mécaniques dans nos échantillons d'herbier, tandis que ce caractère *remarquable* est très commun chez les *Caninæ*. Il faut avoir examiné, comme je l'ai fait, toutes les espèces du genre sur des spécimens de provenances très diverses, pour être à même d'apprécier la valeur de ces caractères anatomiques.

Donc la section *Stylosæ* ne doit pas être à la place que lui a assignée M. Crépin. Il faut la rapprocher des *Caninæ*. J'examinerai plus loin s'il y a lieu de la maintenir ou si l'on doit faire entrer ses représentants dans la section *Caninæ*.

SECTION II. — *Indicæ*.

Cette section doit faire suite à celle des *Synstylæ*, dont elle se rapproche par plusieurs caractères, notamment par les dimensions superficielles des cellules épidermiques et par l'épaisseur du parenchyme cortical de la tige, composé de 13-14 assises cellulaires.

Le *R. indica* L. est une espèce morphologique remarquable par la grande épaisseur de l'épiderme supérieur, qui peut atteindre jusqu'à 44 μ (fig. 29), par la largeur superficielle des cellules épidermiques, qui sont petites ou moyennes, excepté dans la var. *semperflorens* où elles sont grandes. Les stomates, d'une longueur de 34-36 μ , sont toujours plus grands que les cellules voisines ou au moins égaux à elles.

La culture peut modifier assez profondément la moelle de la tige. Ainsi, dans plusieurs échantillons du jardin botanique de Bruxelles, ce tissu avait ses cellules très grandes, tandis que dans deux autres de Chine, les cellules médullaires étaient plutôt petites. Chose curieuse, les cellules médullaires du pédoncule floral sont toujours grandes, aussi bien chez les individus cultivés que chez ceux croissant spontanément.

La culture peut aussi, chez cette espèce, arrêter le développement des fibres péridermiques.

Certains échantillons du *R. indica* peuvent porter quelques rares poils glandulifères sur le rachis médian de la feuille.

R. gigantea Coll. est bien à sa place à côté du *R. indica*. Il diffère de ce dernier par les grandes dimensions de ses folioles, par l'absence complète de poils glandulifères sur le rachis médian, par ses épidermes foliolaires, surtout le supérieur, moins épais (30 μ au plus), par ses fibres péridermiques à parois très minces dans la nervure médiane et ses cellules médullaires de dimensions moyennes. Le pétiole de la foliole terminale peut aussi renfermer 2-3 paires de faisceaux latéro-supérieurs, tandis que ce même organe n'en renferme qu'une paire chez *R. indica*. L'existence ordinaire d'une gouttelette jaunâtre dans les cellules de l'épiderme inférieur du *R. gigantea* se retrouvent sur un des échantillons du *R. arvensis*, récolté en Chine, ainsi que sur quelques-uns de *R. indica*. Enfin les stomates, d'une longueur de 33-36 μ , ainsi que les dimensions superficielles des cellules épidermiques, rapprochent intimement les deux espèces. Le mésophylle du *R. indica* peut augmenter son épaisseur sous

l'influence de la culture et égalier ou même dépasser celui du *R. gigantea* (110 μ).

SECTION III. — *Banksiæ*.

Le *R. banksiæ* R. Br. caractérise admirablement la section qu'il forme à lui seul. Les petites cellules de son épiderme inférieur (fig. 30), qui rappellent celles des *R. microcarpa* Lindl. et *multiflora* Thunb., ses stomates courts (23-24 μ), très nombreux, son mésophylle peu épais (63-73 μ), l'absence complète de fibres péridermiques dans la foliole terminale, le collenchyme en couronne continue dans le pédoncule floral, le distinguent suffisamment pour en faire une espèce primaire.

La culture ne modifie pas ces caractères, mais elle peut faire disparaître les poils glandulifères de la feuille.

SECTION *Gallicæ*.

Le *R. gallica* L. a été considérablement démembré depuis le commencement de ce siècle sous des noms multiples. Déséglise (1) l'a considéré comme un type essentiellement polymorphe et en a décrit treize espèces. M. Gandoger (2) a poussé plus loin encore la pulvérisation et a décrit plus de trente espèces. L'école multiplicatrice est ici dans son plein épanouissement. M. Crépin (3), avec le tact et la science profonde qui le caractérisent, a ramené toutes ces prétendues espèces au rang de variétés de l'espèce unique *R. gallica*. Les *R. centifolia* L., *R. alba* L. et *R. damascena* Mill. ne sont à ses yeux que des formes secondaires du *R. gallica*.

La Rose de Linné « est un arbrisseau dont la taille ne dépasse guère un mètre même dans les jardins et qui peut se réduire, dans les terrains stériles, à deux ou trois décimètres. Les axes sont presque toujours chargés de nombreux aiguillons sétacés se transformant souvent en soies glandu-

(1) Déséglise, *Catalogue du genre Rosier*, 1876.

(2) Gandoger, *Essai sur une nouvelle classification des Roses*.

(3) Crépin, *Primitiæ*, 1879.

leuses; rarement ces aiguillons et ces soies glanduleuses font défaut. Les aiguillons crochus sont beaucoup plus grêles et plus délicats que dans le *R. canina*. Les feuilles moyennes des ramuscules florifères sont presque toujours 5-foliolées et ce n'est qu'accidentellement qu'elles se présentent 7-foliolées. Les stipules sont toutes semblables, plus ou moins étroites, les supérieures ne devenant pas plus larges, comme cela s'observe dans le *R. canina*. Les bractées sont étroites. Les sépales sont ordinairement grands et abondamment pinnulés.

« Comme on le voit, le *R. gallica* présente une série de caractères de premier ordre qui permettent de le distinguer toujours avec certitude (1). »

Au point de vue anatomique, le *R. gallica* est aussi très variable. Les cellules de l'épiderme supérieur peuvent être moyennes, grandes ou très grandes; celles de l'épiderme inférieur sont ordinairement grandes. Le mésophylle peut avoir une épaisseur oscillant entre 76 μ (*R. alba*) et 103 μ , avec 5-6 assises de cellules. Les cellules médullaires de la tige sont généralement grandes, mais elles peuvent diminuer de volume et devenir moyennes. Le parenchyme cortical de la tige peut avoir 14-15 assises de cellules (*R. alba*) ou 17-18 (*R. gallica* provenant du Rhône et du Cher). Des fibres libériennes existent dans la tige de plusieurs échantillons et sont nulles dans d'autres. Cette inconstance n'a rien de très surprenant, étant données les nombreuses provenances de mes matériaux d'étude. L'altitude, la sécheresse, une adaptation différente, l'âge plus ou moins avancé du sujet, sont autant de causes qui peuvent *concourir* à provoquer le développement des fibres libériennes. Il suffit de constater ce tissu mécanique sur un seul individu pour pouvoir en conclure que l'espèce dont il dépend ait la tendance à le produire sous des influences favorables. Les *Caninæ* ont cette tendance à un haut degré. Chez elles ce caractère paraît être une

(1) Crépin, *Primitiæ*, 1879.

remarquable *allure épharmonique*. Son existence chez des espèces d'autres sections est bien faite pour éveiller l'attention. En effet, là où elle se manifeste on est toujours certain de rencontrer de nombreux caractères anatomiques propres aux *Caninæ*.

Il résulte donc de ce qui précède que le *R. gallica* a d'étroites affinités avec les *Caninæ* et en particulier avec le *R. Jundzilli* Bess. Ce dernier possède aussi la faculté de produire des fibres libériennes (échantillons de l'Aveyron, de la Saxe), les cellules médullaires de ses rameaux sont aussi grandes que celles du *R. gallica*. Le *R. Jundzilli* ne diffère guère de ce dernier que par son épiderme supérieur, dont les cellules conservent leurs grandes dimensions avec une persistance remarquable. C'est du moins ce que j'ai pu constater sur des échantillons de Saxe, de l'Aveyron et de la Haute-Savoie.

M. Crépin, de son côté, reconnaît que la place naturelle du *R. gallica* paraît être à côté du *R. Jundzilli*. Les caractères respectifs donnés par lui concernant ces deux Roses sont les suivants. Le *R. Jundzilli* se distingue du *R. gallica* : 1° par sa taille plus élevée ; 2° par ses aiguillons plus robustes, très rarement et accidentellement mélangés d'aiguillons sétacés-glanduleux dans les entre-nœuds supérieurs des ramuscules florifères ; 3° par ses feuilles caulinaires et ses feuilles moyennes des ramuscules florifères 7-foliolées et non 5-foliolées ; 4° par ses folioles d'une autre forme et plus longuement atténuées-aiguës, à dents moins ouvertes ; 5° par ses stipules supérieures et ses bractées plus dilatées ; 6° par son inflorescence, qui est moins pauciflore ; 7° par sa corolle d'une couleur moins foncée (1).

La morphologie vient fortifier encore les liens de parenté de ces deux Roses, qu'il n'est pas toujours possible de déterminer isolément sans une grande expérience. Il m'est donc difficile, malgré toute ma bonne volonté, de faire de ces

(1) Crépin, *Primitivæ*, 1879.

deux types deux espèces morphologiques distinctes. Je crois qu'ils ne forment qu'une seule espèce, *R. gallica*, relié au *R. canina* par *R. Jundzilli*. Dès lors la section *Gallicæ* n'aurait plus lieu d'être. Je maintiendrai cependant ces deux espèces, me contentant d'exprimer ici mon opinion, eu égard aux caractères morphologiques bien distincts du *R. gallica*.

Je ne crois pas que le *R. gallica* soit un ancien hybride fixé, ainsi que le pensent quelques botanistes. Parmi les hybrides que j'ai étudiés, il en est dont l'un des ascendants possède des fibres libériennes; or jamais ces fibres ne se sont reproduites dans les rameaux de l'hybride. Comme le *R. gallica* en possède, il ne serait donc pas un hybride. Cette remarque demande, pour être définitivement acceptée, de nouvelles et nombreuses recherches. Quant à l'impureté des grains polliniques, j'ai dit plus haut qu'elle n'était pas un signe certain d'hybridité.

SECTION *Stylosæ*.

Après avoir indiqué plus haut les raisons pour lesquelles la sect. *stylosæ* devait être rapprochée de celle des *Caninæ*, il me reste à examiner si cette section a une autonomie suffisante, s'il ne serait pas préférable de la supprimer et de considérer le *R. stylosa* comme une simple espèce de la section *Caninæ*.

En présence de la grande homogénéité de structure de tous les représentants de cette dernière et des nombreux points communs qui existent entre elle et le *R. stylosa*, il m'est difficile de me prononcer. Plusieurs phytographes ont cru voir une grande ressemblance entre le *R. stylosa* et le *R. dumetorum* et en ont conclu que le premier n'était qu'une forme du second. Ils ont eu peut-être raison. Mais l'anatomie ne tourne pas tout à fait à leur profit, car il existe entre les deux types en question plus de différences ou au moins autant qu'entre le *R. dumetorum* et les groupes qui l'avoisinent.

Malgré les nombreuses variétés qu'il produit, le *R. stylosa*

a toujours les cellules de l'épiderme supérieur et celles de la moelle des rameaux très grandes; tandis que chez *R. dume-torum*, les cellules de l'épiderme supérieur sont toujours de taille moyenne ou exceptionnellement grandes; les cellules de la moelle sont également grandes. Le seul caractère commun, très saillant, est fourni par l'existence de fibres mécaniques dans la moitié externe du liber. Ces caractères, purement quantitatifs, excepté le dernier, ne sont pas suffisants pour permettre à *R. stylosa* de constituer une section, mais en les ajoutant à ceux fournis par l'organographie externe, ils forment un ensemble suffisant pour édifier une sous-section *Stylosæ*, à laquelle les données morphologiques peuvent facilement assigner un plan.

Le *R. stylosa* est-il une espèce autonome ou bien est-il un ancien hybride fixé? Telle est la question que se pose M. Crépin (1). Après avoir passé en revue les probabilités qui militent en faveur de cette hypothèse, M. Crépin ajoute que le *R. stylosa* a tout à fait l'air d'être un produit hybride des *R. arvensis* et *R. canina*. Le *R. stylosa* se rencontre cependant dans des cantons où le *R. arvensis* n'existe pas, et il se reproduit parfaitement de graines. M. Crépin fait judicieusement remarquer ensuite que l'origine hybride de cette espèce étant admise, comment se fait-il qu'elle n'existe que dans une aire assez limitée en Europe, aire suffisamment continue et qu'elle ne soit pas apparue sur tous les points de l'Europe où les *R. arvensis* et *R. canina* croissent au voisinage l'un de l'autre.

Je ne crois pas plus à l'origine hybride du *R. stylosa* qu'à celle du *R. gallica*. Il a tous les caractères anatomiques des *Caninæ* et aucun du *R. arvensis*. J'entends ici les caractères spécifiques particuliers au genre *Rosa*, caractères la plupart quantitatifs, dont on ne peut apprécier la valeur qu'en consultant de nombreux spécimens.

(1) Crépin, *La distribution géographique du R. STYLOSA* (Bull. Soc. bot. de Belgique, t. XXI, 2^e partie, p. 133-154, 1892).

SECTION IV. — *Caninæ*.

Les sous-sections des *Caninæ* ne sont pas confirmées par l'anatomie. Une seule, celle des *Elymaiticæ*, fait exception. Elle se distingue des autres par les petites cellules de l'épiderme supérieur foliolaire. A part ce caractère, qui a une grande valeur dans le cas actuel, elle se confond avec le reste.

Toutes les *Caninæ* ont, je le répète, les cellules épidermiques de la feuille grandes ou très grandes, rarement moyennes, les stomates d'une longueur supérieure à 30 μ , le mésophylle ordinairement bifacial. L'existence de fibres mécaniques dans la moitié externe du liber est la caractéristique de la section, malgré son apparence sporadique. Ces fibres apparaissent dans les rameaux de certains individus dès la deuxième année; chez d'autres pas avant la troisième année; tandis que des rameaux d'autres individus de même espèce en sont totalement dépourvus, quoique arrivés à un âge au moins égal à celui de leurs congénères. Ces anomalies ne sont pas de simples lusus; elles ont au contraire une grande valeur car elles permettent de distinguer certaines formes secondaires, tout en révélant des affinités incontestables avec d'autres espèces totalement dépourvues de fibres libériennes. Parmi les *Eucaninæ*, les groupes du *R. lutetiana*, du *R. dumalis*, du *R. andegavensis* et du *R. Blondeana* n'ont pas de fibres; il en est de même des *R. abietina* Gren. et *glauca* Vill. Les *Rubrifoliæ* et parmi les *Rubiginosæ*, les *R. rubiginosa* L., *R. micrantha* Sm., *R. leucudia* H. Br., *R. zalana* Wierrb., *R. iberica* Stev., *R. seraphini* Viv., *R. sícula* Tratt., *R. glutinosa* Sieb. et Sm., sont dans le même cas. Dans les *Villosæ*, on remarque aussi le *R. pomifera* Herrn. et sa variété *R. Murithii* Pug. Les var. du *R. mollis* paraissent posséder des fibres. Je termine l'énumération en citant encore la sous-section *Elymaiticæ*.

L'existence de fibres libériennes ne saurait dépendre davantage de l'altitude. Nous voyons, en effet, le *R. tomen-*

tella Lem., avec fibres, tandis que le *R. abietina*, qui le remplace dans les montagnes, en est dépourvu; le *R. glauca*, espèce montagnarde remplaçante du *R. canina*, n'en possède pas davantage que ce dernier. Tandis que les espèces remplaçantes méridionales conservent assez bien ce caractère ou l'acquièrent même. Ainsi le *R. Pouzini* Tratt., qui remplace le *R. canina*, a des fibres; le *R. Heckeliana* Tratt., qui remplace le *R. tomentosa* Sm., en possède aussi bien que celui-ci. Je citerai cependant le *R. rubiginosa* et son espèce remplaçante méridionale, le *R. glutinosa* Sibth. et Sm., comme n'en possédant ni l'un ni l'autre. Ces quelques exemples démontrent qu'il serait puéril de croire que des affinités doivent nécessairement exister entre les membres du groupe climatérique et les membres nains du groupe méridional. Christ a fort bien dit que les ressemblances communes qu'ont entre eux ces deux groupes ont été considérées à tort comme des affinités.

Les espèces dépourvues de fibres libériennes forment des groupes divers dont la répartition est loin d'être arbitraire. Les *R. lutetiana*, *R. dumalis* et *R. andegavensis* se suivent sur le tableau dressé par M. Crépin. Il en est de même des *R. abietina* et *glauca*; des *R. rubrifolia*, *R. rubiginosa*, *R. micrantha*; des *R. zalana*, *R. iberica*, *R. seraphini*, *R. sicala* et *R. glutinosa*; des *R. pomifera* et *R. Murithii*. On voit donc que ce caractère anatomique confirme ces rapprochements partiels. Je pourrais en dire autant pour les groupes d'espèces possédant des fibres. Il est donc tout naturel d'admettre entre les types jouissant du pouvoir de produire des fibres libériennes, une parenté plus étroite qu'avec ceux qui en sont dépourvus.

Si, d'autre part, je porte mon attention sur les stomates des *Caninæ*, je remarque qu'entre les nombreux échantillons de chaque type, ces petits appareils peuvent avoir des écarts de longueur parfois considérables (6-8 μ) ou être sensiblement des mêmes dimensions. Ce caractère n'est pas plus arbitraire que le précédent. En effet, les stomates des *R. ver-*

ticillacantha, *R. scabrata*, *R. dumetorum*, *R. sepium*, *R. graveolens*, *R. seraphini* et *R. mollis* ont une longueur respective sensiblement constante, ou une différence ne dépassant pas 4 μ . Les grands écarts entre les individus d'un même type, répondent très souvent à des variations externes de ce type. Il doit donc y avoir d'étroites affinités entre les Rosiers précités. Si nous consultons les ouvrages monographiques, nous voyons qu'entre les *R. canina* et *R. glauca*, les *R. dumetorum* et *coriifolia*, les *R. sepium* et *graveolens*, les *R. canina* et *Pouzini*, les *R. rubiginosa* et *glauca*, les *R. pomifera* et *mollis*, les *R. pomifera* et *tomentosa*, les *R. tomentosa* et *mollis*, les *R. sepium* et *tomentella*, les *R. rubiginosa* et *tomentella*, etc., il existe des formes intermédiaires. Malgré le peu de confiance que certains phytographes témoignent aux caractères anatomiques appliqués à la classification, ils sont bien obligés, en présence de telles concordances, de se rendre à l'évidence ! Je n'insisterai pas davantage sur ce point.

Dans mes travaux antérieurs, j'ai démontré, d'une manière irréfutable, le rôle important de l'anatomie en classification. Aujourd'hui que mes recherches ont en outre porté sur des genres très complexes, tels que les *Thalictrum* et les *Rosa*, je suis encore plus convaincu de l'utilité de cette branche de la science. Une monographie ne sera admissible et à l'abri de la critique, qu'autant qu'elle aura fait appel aux données taxinomiques de l'anatomie. Cette dernière, en effet, révèle mieux que la morphologie les affinités qu'ont entre eux tous les représentants d'un phylum. Elle peut même, à la suite d'expériences suggérées par elle, expliquer des faits touchant à la morphologie. L'exemple suivant le démontre. Dans une brochure fort intéressante (1), M. le Dr X. Gillot écrit ceci : « Il serait aujourd'hui bien difficile de dire si le *R. canina* L. a gagné la montagne pour y relever ses sépales et prendre par voie d'adaptation l'aspect du *R. glauca* Vill., ou si c'est le

(1) Dr X. Gillot, *Observations sur quelques Rosiers du Cantal* (in Rev. de bot., n° 108, p. 462, 1891).

R. glauca qui, en descendant sur les bas coteaux, a perdu ses caractères pour revêtir ceux du *R. canina*. » Des essais culturaux appropriés ont été faits sur des plantes à feuilles velues, puis sur d'autres à feuilles glabres, dans le but de voir si les premières pourraient devenir glabres et si les secondes pourraient acquérir des poils. Le premier cas s'est réalisé ; le second, jamais ! Si donc le *R. glauca* était complètement glabre (1), le *R. canina*, lui, pouvant avoir les folioles tout au moins glabrescentes, il est certain que le premier serait une dérivation du second. On peut, dans une certaine mesure, leur appliquer cette remarque. Le *R. glauca* a les folioles glabres et les pétioles glabres ou glabrescents (formes intermédiaires), tandis que le *R. canina* a, dans plusieurs de ses groupes, les mêmes organes *glabrescents* ou *velus*. Les poils, qui sont nuls sur le véritable type montagnard, indiquent donc que ce dernier provient du *R. canina*. D'autres considérations appuient encore ma manière de voir.

Sans nul doute, tous les représentants de la section *Canina* émanent d'une seule espèce *primaire*. On aura beau discuter en se basant sur les caractères morphologiques, on ne parviendra jamais à en trouver plusieurs. Cette espèce possède anatomiquement et morphologiquement tous les caractères communs aux divers représentants de la section, caractères qui ont varié avec l'adaptation et dont la constance plus ou moins grande a servi à distinguer les types de dérivation.

Les espèces secondaires ou morphologiques ont une valeur taxinomique respective très inégale ; les unes, assez rares, sont de premier ordre ; les autres, plus nombreuses, sont de second ordre ou même simplement des races ou des variétés. On remarquera que, toutes relations gardées, je ne diffère de M. Crépin et d'autres spécialistes, que par une interprétation plus scientifique de l'espèce et que, le plus souvent, la subordination des formes établies par ces auteurs,

(1) Je fais ici abstraction des poils floraux.

se trouve entièrement confirmée par mes recherches.

Au point de vue anatomique, la sous-section des *Eucaninæ* peut se subdiviser en deux groupes bien caractérisés : 1° *R. lutetiana*, *dumalis*, *andegavensis* et *Blondeana*; 2° *R. verticillacantha* (fig. 34, 35), *scabrata* et *dumetorum*. Le premier est caractérisé par les stomates de la feuille, d'une longueur très variable chez les individus de même espèce, et par l'absence des fibres libériennes dans les rameaux d'au moins deux ans. Le second a les stomates d'une longueur sensiblement constante et des fibres libériennes. Le *R. Deseglisei*, par ses stomates inégaux et ses fibres libériennes, serait intermédiaire entre les deux groupes.

« On sait que les *Eucaninæ* comprennent toutes les formes du *R. canina* à sépales réfléchis après l'anthèse et caducs avant la maturité du réceptacle (1). » Elles ont été subdivisées par M. Crépin en *glabræ* et *pubescentes*. Cette coupe ne correspond pas à la mienne, car elle est moins naturelle. En effet, dans les *Glabræ* M. Crépin fait entrer toutes les Roses qui ont leurs folioles glabres sur les deux faces ; et, dans les *Pubescentes*, celles dont les folioles sont pubescentes au moins sur la côte et sur les nervures secondaires. Mais ces caractères, étant entièrement sous la dépendance du milieu, n'ont aucune fixité. La preuve, c'est que certains échantillons du *R. dumalis* Bechst. peuvent avoir des poils simples, assez rares il est vrai, à la face supérieure du pétiole de la foliole terminale. Il en est de même des poils glandulifères sur la feuille en général. Ce même *R. dumalis* peut porter des poils glandulifères à la face inférieure de la nervure médiane, ainsi que sur les bords inférieurs du rachis médian. Les *R. andegavensis* Bast. et *Deseglisei* Bor. sont dans le même cas. Il suffit d'un seul poil simple ou glandulifère pour permettre d'attribuer à l'espèce qui le porte le pouvoir d'en acquérir d'autres en quantité variable si elle en éprouve le besoin. Malgré cette remarque, les subdivisions

(1) Crépin, *Primitiæ*, 1883.

glabræ et *pubescentes* doivent être maintenues, car elles satisfont à la grande majorité de leurs représentants respectifs. Si l'on veut établir l'harmonie entre les données externes et internes on disposera les divers groupes du *R. canina* de la façon suivante :

1. <i>Lutetiana</i>	Stom. inég.	Fib.lib.nulles	Poils nuls	} <i>Glabræ.</i>
2. <i>Dumalis</i>	—	—	(?)	
3. <i>Andegavensis</i> ...	—	—	—	
4. <i>Blondeana</i>	—	—	—	
5. <i>Verticillacantha</i> .	Stom. égaux	Fibres libér.	—	
6. <i>Scabrata</i>	—	—	—	} <i>Pubescentes.</i>
7. <i>Dumetorum</i>	—	—	Poils	
8. <i>Deseglisei</i>	Interméd.	—	—	

Examinons maintenant ces différentes formes pour en dégager, si possible, les mieux caractérisées. Mes nombreux échantillons proviennent de Belgique, de la Haute-Savoie, de la Sarthe, des Pyrénées-Orientales, de l'Aveyron, de l'Isère, du Gers, du Cher et de la Suisse. A part les deux caractères consignés dans le tableau précédent, il n'est pas possible d'en trouver d'autres assez importants pour distinguer chacune de ces formes.

Le *R. lutetiana* Lem. a les cellules de l'épiderme supérieur de la foliole terminale très grandes ou grandes (fig. 31) et celles de la moelle moyennes (fig. 33).

Le *R. andegavensis* Bast. a ses cellules médullaires de grandeur très inégale, mais celles de l'épiderme inférieur sont moyennes.

Enfin le *R. dumetorum* Thuill. a les cellules de l'épiderme supérieur toutes de taille moyenne et ses cellules médullaires grandes. Le *R. Deseglisei* Bor. en diffère par ses cellules de l'épiderme supérieur, grandes ou très grandes, et ses cellules médullaires, moyennes ou petites. Toutes ces formes ne constituent qu'une espèce primaire, le *R. canina* L., laquelle comprendrait les autres types en qualité de variétés. Exception serait faite cependant pour les *R. lutetiana* et *R. dumetorum*, un peu mieux caractérisés, que l'on peut sans inconvénient élever à la dignité sous-spécifique. Le premier

inaugurerait la série des *Glabræ*, le second, celle des *Pubescentes*.

Le *R. Pouzini* Tratt. ne possède aucun caractère spécifique. Il se rapproche du *R. scabrata* Crép., 1° par ses cellules épidermiques grandes ou moyennes, 2° par l'égale longueur de ses stomates, 3° par l'inconstante épaisseur du mésophylle et 4° par l'existence de fibres mécaniques dans la moitié externe du liber de la tige chez quelques-uns de ses représentants. Cette Rose est une race méridionale du *R. canina*. L'anatomie n'indique pas entre elle et les *Rubiginosæ* la parenté que certains floristes ont cru voir.

Le *R. tomentella* Lém. est mieux circonscrit par l'anatomie que le précédent. Tous mes échantillons, provenant de l'Isère et de la Belgique, ont les cellules de l'épiderme supérieur très grandes, celles de l'inférieur grandes, des fibres libériennes et les cellules médullaires des rameaux grandes et très grandes (fig. 37). Je n'hésite pas à faire de ce Rosier une espèce morphologique.

Le *R. obtusifolia* Desv., provenant de l'Aveyron et de Saône-et-Loire, ne diffère en rien du *R. tomentella*. A mon avis, il n'en est qu'une variété. Les fibres libériennes de la tige n'existent pas encore dans les rameaux d'un an, mais elles sont communes dans ceux de trois ans et au-dessus. Les stomates conservent mieux leurs dimensions que ceux du *R. tomentella* ; en cela ils rapprochent cette forme de *R. Pouzini*.

Le *R. abietina* Gren., que je tiens de la Suisse, me paraît être une petite espèce morphologique caractérisée surtout par ses fibres mécaniques extra-libériennes minces ou peu épaisses de la nervure médiane et du pétiole, par l'absence de fibres libériennes dans la tige et par l'épiderme inférieur de la foliole terminale dont les cellules sont ordinairement subonduleuses.

Le *R. glauca* Vill. se distingue du *R. abietina* par les cellules médullaires de la tige, qui sont de dimensions moyennes et plus petites, par ses stomates plus grands que les cel-

lules environnantes ou au moins égaux à elles et par les fibres extralibériennes de la nervure médiane et du pétiole à parois plus épaisses. Par ses stomates égaux et ses grandes cellules épidermiques, le *R. glauca* se rapproche de certaines formes du *R. canina*; il rappelle aussi le *R. rubiginosa* par l'absence de fibres libériennes caulinaires, ses cellules médullaires de dimensions moyennes, ainsi que par certains caractères morphologiques. Le *R. glauca* n'est pas une espèce suffisamment diagnostiquée; ce n'est qu'une race montagnarde, ainsi qu'on l'a dit du *R. canina*.

Le *R. coriifolia* Fries, par ses cellules épidermiques grandes ou très grandes, ses stomates très inégaux et plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles, par l'existence sporadique de fibres libériennes dans sa tige, par les cellules médullaires de cette dernière très variables, grandes, moyennes ou petites, par les grandes dimensions relatives des cellules médullaires du pédoncule floral (fig. 36), ainsi que par l'absence de poils glandulifères sur la feuille, me paraît être une sous-espèce ou tout au moins une race assez bien caractérisée. Les caractères morphologiques en font une race montagnarde du *R. dumetorum*. Je dirai cependant qu'il existe entre lui et ce dernier des différences anatomiques assez grandes. Ainsi le *R. coriifolia* a les cellules de l'épiderme supérieur très grandes ou grandes, les stomates assez inégaux et les cellules médullaires de la tige de dimensions très variables; tandis que le *R. dumetorum* a toujours les cellules de l'épiderme supérieur moyennes, les stomates sensiblement égaux et les cellules médullaires toujours grandes. Si le *R. coriifolia* est une race montagnarde du *R. dumetorum*, il est en même temps sensiblement distinct de celui-ci.

Le *R. uriensis* Lag. et Pug. n'est pas une espèce. M. Crépin l'avait classé autrefois dans les *Tomentosæ*. « Il a les sépales promptement relevés après l'anthèse, couronnant le réceptacle tout en étant plus ou moins convergents. Si ce n'étaient ses aiguillons fortement crochus, on serait tenté de rappro-

cher cette forme du *R. mollis* Sm. Elle rappelle le *R. abietina* de Grenier à sépales relevés sur les réceptacles (1). »

Cette Rose a les cellules épidermiques grandes ou très grandes du *R. abietina*, les cellules médullaires de la tige grandes ou moyennes et des fibres libériennes comme le *R. mollis*. Elle paraît avoir plus d'affinités avec ce dernier qu'avec le *R. abietina*. Mais le *R. uriensis* est si étroitement lié anatomiquement au *R. coriifolia*, qu'il me semble préférable de le placer à sa suite comme l'a fait M. Crépin, seulement à titre de variété. C'est cette valeur que lui a donnée M. le Dr Emil Koehne (2).

Le *R. montana* Chaix est caractérisé par de très grandes cellules épidermiques, des stomates pouvant atteindre une longueur de 40 μ et très inégaux, un mésophylle d'épaisseur parfois considérable (170 μ) et très variable, des fibres libériennes dans la tige et des cellules médullaires moyennes ou petites. Tous les échantillons étudiés par moi, provenant de la Suisse et de l'Isère, possédaient des poils glandulifères sur la feuille. M. Crépin (3) ne sait si cette Rose est une forme bien homogène dans ses représentants, ou si elle comprend une association de variétés plus ou moins différentes possédant en commun certains caractères. « Malgré ses caractères en apparence très distincts, il n'est pas toujours facile, nous dit M. Crépin, de dégager le *R. montana* des formes qui l'enserrent, en quelque sorte, et qui se rapportent, d'une part, aux *Coronatæ glabræ biserratæ-compositæ eglandulosæ* et *glandulosæ* et, de l'autre, au *R. salevensis*, qui doit être un hybride des *R. canina* et *alpina*. »

Les caractères anatomiques du *R. montana* ne permettent pas de le considérer comme une espèce. Si maintenant nous les comparons à ceux du *R. coriifolia*, nous voyons aussitôt leur identité parfaite. Le *R. montana* ne diffère

(1) Crépin, *Primitiæ*, 1883.

(2) Dr Emil Koehne, *Deutsche Dendrologie Kuze Beschreibung der in Deutschland in freien aushaltenden Nadel und Laubholzgewächse zur schnellen und Sicheren Bestimmung der Gattungen*, etc. (Stuttgart, 1893).

(3) Crépin, *Primitiæ*, 1883.

guère du *R. coriifolia* que par les cellules médullaires de la tige, un peu plus petites. Il ne paraît donc être qu'une variété de ce dernier.

Le *R. Chavini* Rap. ne me semble pas être à sa place à la suite du *R. montana*. Il serait préférable de le placer plus près du *R. canina* dont il rappelle certaines formes. Les stomates de longueur constante, plus grands que les cellules voisines, le rapprochent des *R. scabrata* et *R. verticillantha*, mais surtout du premier par le nombre des assises cellulaires du parenchyme cortical de la tige. Tandis que chez le *R. montana* les stomates sont plus petits que les cellules voisines ou au plus égaux à elles, et les fibres libériennes sont l'exception (1). Le *R. chavini* n'est certainement pas une espèce ; c'est une race montagnarde de *R. canina*.

Le *R. rubrifolia* Vill., dont M. Crépin a fait la sous-section *Rubrifoliæ*, me paraît être une espèce morphologique assez bien caractérisée. Les divers échantillons que je possède ont été récoltés en Suisse et dans l'Aveyron ; d'autres proviennent de cultures. Tous ont leurs caractères anatomiques exprimés presque au même degré. Ainsi les cellules médullaires sont toujours de dimensions moyennes ou petites ; celles des épidermes sont grandes, le mésophylle ne dépasse ordinairement pas 100 μ . d'épaisseur. Le *R. rubrifolia* clôt une série de formes inaugurées par le *R. glauca* et comprenant en outre les *R. coriifolia*, *uriensis*, *montana* et *Chavini*, dans lesquelles les cellules médullaires de la tige sont moyennes ou petites. L'anatomie justifie donc les raisons qui ont amené M. Crépin à opérer le groupement de ces formes. Ce savant fait remarquer que tout en présentant un cachet vraiment remarquable, le *R. rubrifolia* ne paraît pas posséder de caractères spécifiques bien tranchés qui le séparent largement des *Coronata glabræ uniserratæ nudæ* ou *hispidæ* et, qu'entre lui et certaines formes du

(1) Je ne les ai rencontrées que sur un échantillon récolté dans l'Isère à 1600 mètres d'altitude. A 1025 mètres dans le même département et dans un rameau de même âge, ces fibres n'étaient pas encore développées.

R. Reuteri, il n'y a guère, en apparence du moins, que des nuances (1). Cette remarque est d'autant plus vraie que le *R. glauca* forme avec le *R. abietina* un petit groupe caractérisé par l'absence de fibres libériennes dans la tige. Absence qui se retrouve chez le *R. rubrifolia*. A ce caractère on peut encore ajouter l'égale dimension des cellules médullaires et des cellules de l'épiderme supérieur.

La sous-section *Rubrifolia* ne me paraît pas avoir une autonomie suffisante et son unique représentant serait mieux dans la sous-section *Eucanina*.

Sous-sect. RUBIGINOSÆ. Le *R. rubiginosa* L., si remarquable par la glandulosité des folioles (fig. 38), par ses grandes cellules épidermiques et médullaires, ainsi que par l'absence de fibres libériennes dans la tige, est une excellente espèce morphologique qui a sa place tout indiquée à côté du *R. rubrifolia*. Christ prétend que le *R. tomentella* ne devrait pas être séparé des *Rubiginosæ* (2). Je ne partage pas son opinion pour les motifs suivants : le *R. rubiginosa* a les épidermes foliolaires à cellules plus petites que le *R. tomentella*, les stomates d'une longueur constante et plus petits, le mésophylle moins épais, les fibres mécaniques extra-libériennes de la nervure médiane souvent minces ou à parois peu épaisses, et il est dépourvu de fibres libériennes dans la tige, tandis que celles-ci sont très communes chez *R. tomentella*. Il peut se faire qu'au point de vue morphologique certains caractères rapprochent ces deux Rosiers ; mais au point de vue anatomique le *R. tomentella* a beaucoup plus d'affinité avec le *R. canina* qu'avec le *R. rubiginosa*.

Le *R. micrantha* Sm. est intimement lié au précédent. M. Crépin affirme que ces deux types ne sauraient être confondus. Il est vrai que « la villosité des styles fournit un bon caractère pour distinguer un *rubiginosa*, tandis qu'un *micrantha* se reconnaît à ses styles glabres ou glabrescents. L'hésitation n'est possible que pour le cas des styles velus

(1) Crépin, *Primitiæ*, 1883.

(2) Christ, *Le genre ROSA*, p. 33 (trad. Burnat).

que présentent parfois les *micranthæ* (1) ». En ce qui me concerne, il ne m'est pas possible de séparer spécifiquement le *R. micrantha* du *R. rubiginosa*, dont il a qualitativement et quantitativement tous les caractères internes. Je ne le considère que comme une simple variété de la Rose de Linné.

Le *R. sepium* Thuill., comparé au *R. rubiginosa*, m'apparaît, au même titre que ce dernier, comme une espèce morphologique. Il représente avec le *R. graveolens* une couple de formes au milieu des *Rubiginosæ*, caractérisées par la présence de fibres libériennes dans la tige. Les échantillons que je possède et qui proviennent de la Sarthe, du Cher, de l'Aveyron et de l'Isère, se confondent par leurs épidermes foliolaires et la moelle du pédoncule floral. Les variétés du *R. sepium* se différencient entre elles par les dimensions des cellules médullaires de la tige. Christ mentionne le *R. caryophyllacea* comme étant une forme intermédiaire entre le *R. tomentella* et le *R. sepium*, ce qui prouverait que ces deux Roses appartiennent à la même espèce. Je n'ose me prononcer sur ce rapprochement malgré les apparences probantes que j'ai sous les yeux. Les caractères anatomiques de l'une de ces Roses se retrouvent chez l'autre à des degrés différents. Peut-être les formes intermédiaires de Christ ne sont-elles que des produits hybrides. C'est ce qu'il s'agira d'examiner.

Le *R. graveolens* Gren. n'est pas une espèce, il n'est qu'une race montagnarde du précédent, dont il ne diffère ordinairement que par les cellules subonduleuses de son épiderme inférieur.

Avec le *R. zalana* Wierrb., commence une série de types assez difficiles à différencier et quel'on peut ramener à deux. Le *R. zalana* d'une part, puis les *R. iberica* Stev. *R. seraphini* Viv. et *R. sicula* Tratt., d'autre part. Ces deux types sont dépourvus de fibres libériennes dans la tige.

Le *R. zalana* a des fibres péridermiques bien développées

(1) Amb. Gentil, *op. cit.*, p. 76.

dans les nervures et le pétiole terminal. Tandis que de nombreux individus des représentants du second type ont un périodesme à parois restées minces, ou constitué par un sclérenchyme irrégulier (coupe transversale). Cette particularité révèle des besoins physiologiques sensiblement identiques chez ces deux types.

Le *R. zalana* est une espèce morphologique très secondaire, à mésophylle franchement bifacial et très épais, à cellules médullaires du pédoncule floral grandes (fig. 69), mais dont les autres caractères anatomiques se retrouvent chez plusieurs représentants du second type.

Le *R. iberica* Stev. doit être rapproché du *R. glutinosa*, dont il ne diffère par aucun caractère saillant. Les dimensions de ses cellules épidermiques, l'inégale épaisseur des épidermes, l'inférieur étant ordinairement onduleux ou subonduleux, ses stomates de longueur variable, son mésophylle bifacial ou subcentrique (fig. 42), l'existence ou l'absence des fibres périodesmiques dans ses feuilles, sont autant de caractères que l'on retrouve chez *R. glutinosa* Sibth. et Sm. (fig. 41). Il ne s'agit certainement pas d'une espèce, mais d'une sous-espèce du *R. glutinosa*, qui ne diffère de l'espèce que par les plus faibles dimensions des cellules médullaires des rameaux, et l'existence de poils glandulifères sur l'épiderme supérieur de la foliole terminale.

Je ne vois pas davantage la possibilité de séparer les *R. sicula* Tratt et *R. Seraphini* Viv. Ces deux types possèdent les mêmes caractères anatomiques dans toute l'étendue de la feuille. Les caractères qui y sont exprimés le sont au même degré; la tendance à avoir ou non des fibres périodesmiques se manifeste chez les deux Roses. La tige offre les mêmes similitudes; la seule différence réside dans le pédoncule floral dont les faisceaux libéro-ligneux sont pourvus (*R. sicula*) ou dépourvus de fibres mécaniques extralibériennes (*R. Seraphini*). Il ne reste donc que les caractères externes pour opérer la distinction. Or les spécialistes hésitent parfois à attribuer certaines formes ambiguës au *R. Seraphini*. On sait

que ce dernier est une espèce méridionale remplaçante du *R. sepium*. La majorité des caractères quantitatifs de la feuille du *R. Seraphini* se retrouve dans celle du *R. Sepium*; mais malgré cette concordance, ces deux Roses diffèrent l'une de l'autre par d'autres caractères tirés de la tige, notamment par l'absence de fibres libériennes chez le *R. Seraphini*.

Il s'agit de savoir maintenant si le *R. glutinosa* doit figurer dans la sous-section *Rubiginosæ* ou s'il doit être placé dans celle des *Tomentosæ* ou dans celle des *Villosæ*. J'incline pour cette dernière. Les raisons que j'invoque sont les suivantes : toutes les *Villosæ*, à l'exception du *R. orientalis* Dup., et d'une variété *arduennensis* du *R. mollis* Sm., ont les rameaux dépourvus de fibres libériennes, tandis que presque toutes les *Tomentosæ* possèdent ces fibres. La tendance à la production de ce tissu mécanique est donc exprimée à un haut degré chez les représentants de cette sous-section. On a vu aussi que toutes les *Rubiginosæ* que je viens d'examiner, à partir du *R. zalana* sont dépourvues de fibres libériennes. Il serait donc plus naturel de placer la sous-section *Villosæ* à la suite de celle des *Rubiginosæ*, c'est-à-dire entre ces dernières et les *Tomentosæ*. D'autres considérations tirées de l'instabilité des dimensions des cellules épidermiques et de l'absence ou de l'existence des fibres extralibériennes de la feuille des *Villosæ* et des derniers types des *Rubiginosæ*, militent aussi en faveur de ce rapprochement. Les cellules médullaires du pédoncule floral des *Tomentosæ* sont ordinairement très grandes, tandis que ces mêmes cellules sont de dimensions très variables dans les *Rubiginosæ* et les *Villosæ*.

Par son mésophylle fréquemment subcentrique, le *R. glutinosa* est très voisin du *R. Heckeliana* Tratt., qui est le seul des *Villosæ* à posséder ce caractère avec *R. orientalis*. Mais ce dernier a des fibres libériennes, tandis que le *R. Heckeliana* n'en a point.

Un fait assez curieux se produit dans les rameaux, ayant

au moins 2-3 ans, du *R. Heckeliana*. Outre le périderme sous-épidermique commun à toutes les Roses, il existe une seconde couche subéreuse, composée de nombreuses assises, dans la moitié interne du parenchyme cortical, et séparée de l'endoderme par 3-4 assises du parenchyme cortical. N'ayant eu à ma disposition que quelques échantillons provenant de Sicile, je ne sais si cette particularité se produit indistinctement chez tous les individus de cette espèce. Je crois néanmoins qu'elle est purement accidentelle (1).

Les *R. glutinosa* et *Heckeliana* sont deux espèces morphologiques méridionales où elles remplacent, la première, le *R. rubiginosa*; la seconde, le *R. tomentosa*.

SOUS-SECTION *Villosæ*. — Le *R. pomifera* Herrrn. est une espèce très variable au point de vue anatomique. Les cellules épidermiques peuvent être très grandes, grandes ou moyennes, ordinairement recticurvilignes (fig. 40), excepté celles de l'épiderme inférieur, qui sont parfois subonduleuses. Les stomates, d'une longueur de 28-35 μ , sont ordinairement plus grands que les cellules environnantes. Le mésophylle bifacial a une épaisseur oscillant entre 103 et 120 μ . Les fibres péridermiques sont souvent nulles ou à parois minces. Le liber de la tige est dépourvu de fibres dans sa moitié externe. La moelle de la tige peut avoir ses cellules grandes, moyennes ou petites; il en est de même de celles du pédoncule floral. Comme on le voit, les caractères anatomiques de cette Rose sont très instables au point de vue quantitatif; ils font pressentir des modifications nombreuses dans les caractères morphologiques; modifications sur lesquelles on a spéculé pour créer les micromorphes de cette espèce.

Le *R. mollis* Sm., que j'ai étudié sur d'aussi nombreux échantillons que le précédent, récoltés en Suède, en Belgique et dans des jardins botaniques, ne diffère du *R. pomifera* que par une épaisseur plus faible du mésophylle et par la faculté d'avoir des fibres libériennes dans les rameaux cau-

(1) Cette particularité ne se généralise pas, ainsi que j'ai pu le constater à l'aide de nouveaux spécimens que M. E. Burnat a bien voulu m'envoyer.

linaires. Ces deux Roses étant éminemment plastiques, il arrive assez fréquemment que des individus de l'une sont identiques à des représentants de l'autre, et réciproquement. Il y aurait donc exagération à les placer toutes deux sur le même rang. Suivant moi, le *R. mollis* n'est qu'une sous-espèce du *R. pomifera*.

M. Crépin dit ce qui suit au sujet de ces deux Roses : « L'étude que j'ai faite des nombreuses formes qui composent actuellement le groupe désigné sous le nom de *Villosæ*, m'a démontré que du *R. pomifera* le plus typique, à folioles amples, allongées et glanduleuses en dessous, à gros réceptacles densément hispides-glanduleux, jusqu'aux formes églanduleuses les plus délicates du *R. mollis*, il existe une chaîne ininterrompue de variétés et de variations qu'il n'est pas possible de rompre en plusieurs tronçons pour en constituer des espèces (1). » On voit donc que la subordination des *R. pomifera* et *mollis* d'après les seules données anatomiques est confirmée par la morphologie.

Le *R. orientalis* Dupont, clôt la série des *Villosæ*; ses caractères distinctifs sont les suivants : épiderme inférieur onduleux, mésophylle subcentrique, d'une épaisseur de 106 μ ; fibres mécaniques péridermiques bien développées; moelle de la tige à cellules petites, et enfin nombreuses fibres libériennes. Le *R. orientalis* me paraît être manifestement sous la dépendance du *R. Heckeliana* Tratt., et cependant je n'hésite pas à en faire une espèce égale à lui, à cause des caractères précités. J'entends par là une espèce morphologique différenciée seulement par des caractères épharmoniques quantitatifs. Entre certaines formes des *R. Heckeliana* et *orientalis* il y a des ressemblances telles qu'on se demande si les unes et les autres n'appartiennent pas à la même race (2).

Sous-section *Tomentosæ*. — Les *R. tomentosa* Sm. et *omissa* Déségl. qui composent cette sous-section ne sont pas

(1) Crépin, *Primitivæ*, 1883.

(2) Burnat et Gremli, *Revision du groupe des ORIENTALES*, p. 86, 1887.

suffisamment individualisés pour former deux espèces. Le premier est surtout caractérisé par la moelle du pédoncule floral dont les cellules sont relativement très grandes et par l'arc mécanique extralibérien des nervures et du pétiole, dont les fibres ont une constance plus grande et des parois ordinairement plus épaisses que chez *R. omissa*; enfin, par l'épiderme inférieur recticurviligne au lieu de subonduleux. Ces faibles caractères exceptés, les deux Roses se confondent parfaitement : 1° par la présence commune de fibres libériennes dans la tige; 2° par l'égale dimension des cellules épidermiques et des stomates; 3° par le parenchyme cortical des rameaux caulinaires composé d'un nombre à peu égal d'assises cellulaires.

Il est donc très rationnel de considérer le *R. omissa* comme une sous-espèce du *R. tomentosa*.

Le *R. Beloniana* Desp., est une variété incontestable du *R. tomentosa*.

Sous-section *Elymaiticæ*. — Avant de décrire anatomiquement le *R. elymaitica* Boiss. et Haussk., qui me paraît isolé dans la section *Caninæ*, je crois utile de reproduire ce que M. Crépin dit de cette espèce (1). « Le *R. elymaitica* (incl. *R. albicans*) n'est pas aussi voisin des *Pimpinellifoliæ* que le pense le savant auteur du *Flora Orientalis* (Boissier). Sa petite taille et la petitesse de ses feuilles le rapprochent en apparence du *R. spinosissima*, mais au fond il présente des différences qui l'éloignent considérablement de celui-ci. Tout d'abord ses aiguillons appartiennent à un autre type et rappellent ceux de certaines formes de la section des *Montanæ*; ses stipules n'ont pas les oreillettes stipulaires des vraies *Pimpinellifoliées*; ses folioles sont à paires moins nombreuses; son inflorescence accompagnée de bractées est tout à fait différente et ses sépales sont assez richement appendiculés; en outre, ses anthères ne sont pas aussi longues. En somme, cette espèce de la Perse est un type à part

(1) Crépin, *Primitiæ*, 1874.

dont la place naturelle est encore à trouver. Par certains caractères, elle semble se relier un peu au *R. orientalis*. »

Pour M. Crépin, le *R. elymaitica* n'est donc pas une *Pimpinellifolia*, il rappelle certaines formes de *Montanæ*, et semble avoir aussi des affinités avec *R. orientalis*. Voici quelques-uns de ses caractères anatomiques : épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 21 μ ; l'inférieur recticurviligne d'une épaisseur de 16 μ et à cellules moyennes ou petites (fig. 44). Stomates d'une longueur de 30 μ plus grands ou plus petits que les cellules environnantes ; mésophylle subcentrique, d'une épaisseur moyenne de 110 μ , comprenant 5-6 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades ainsi que l'assise en contact avec l'épiderme inférieur. Fibres péridermiques partout bien développées. Épiderme des rameaux de trois ans exfolié, remplacé par un liège puissant ; parenchyme cortical (non compris le liège) comprenant 17-18 assises de cellules très allongées tangentiellement ; liber puissant sans fibres mécaniques dans sa moitié externe ; bois très vasculaire ; moelle à cellules moyennes ou petites. Collenchyme du pédoncule floral en couronne puissante et continue, moelle à cellules de moyennes dimensions.

Le *R. elymaitica* n'est pas une *Pimpinellifolia*, étant donné que tous les représentants de cette section sont dépourvus de fibres péridermiques. Il ne se rapproche pas davantage de la sous-section *Montanæ* pour la même raison et aussi parce que les espèces qui composent cette dernière ont toutes les cellules épidermiques grandes ou très grandes et le mésophylle franchement bifacial.

Le *R. elymaitica* paraît assez rapproché du *R. orientalis* : 1° par son mésophylle subcentrique ; 2° par les cellules médullaires de la tige petites et 3° par ses fibres extralibériennes de la feuille franchement mécaniques. Il reste néanmoins très distinct de cette espèce par l'absence de fibres libériennes dans ses rameaux et aussi par les petites cellules de son épiderme supérieur. Je dirai même que ce

dernier caractère, très important, lui donne un cachet particulier et l'isole de toutes les *Caninæ* chez lesquelles ces cellules sont grandes ou très grandes. Le *R. elymaitica* est une espèce primaire.

SOUS-SECTION *Jundzillia*. — J'ai dit plus haut qu'il ne fallait pas séparer le *R. gallica* du *R. Jundzilli* et que ce dernier rattachait le premier au *R. canina*. Les caractères anatomiques de l'un se retrouvent, en effet, chez l'autre. Le *R. Jundzilli* (fig. 45) ne me paraît être au plus qu'une sous-espèce du *R. gallica* (1). Au point de vue anatomique, la variété *trachyphylla* ne diffère pas de la plante type de Besser. Le *R. Pugeti* Bor., possède aussi les mêmes caractères, moins les fibres libériennes de la tige. Comme il s'agit ici d'échantillons de deux ou trois ans, il ne serait peut-être pas excessif de considérer le *R. Pugeti* comme une race du *R. Jundzilli*.

La section *Caninæ*, ainsi modifiée, comprendrait donc 17 espèces, dont deux primaires (*R. canina* et *Elymaitica*) et 15 morphologiques (Voy. p. 98).

SECTION V. — *Carolinæ*.

Les espèces de cette section ne possèdent aucun caractère anatomique *qualitatif* permettant de les élever au rang d'espèces primaires. Elles sont, quoi qu'on en dise, aussi étroitement reliées entre elles que les *Caninæ*. Les caractères anatomiques sont purement quantitatifs et conséquemment ne sauraient définir que des espèces morphologiques. Néanmoins les allures remarquables qu'ils affectent chez les divers représentants de la section fournissent un diagnostic précieux pour trancher le cas d'espèces litigieuses et pour circonscrire nettement celles établies par les données morphologiques.

En première ligne vient le *R. carolina* L., très remarqua-

(1) Pour faciliter la détermination de ces deux types et leur conserver leur autonomie morphologique, je maintiens la sous-section *Jundzillia* et la fais suivre de la sous-section *Gallicæ*.

ble par ses cellules épidermiques petites ou très petites, surtout celles de l'épiderme inférieur (fig. 76), par la faible différence d'épaisseur des épidermes foliaires, par l'abondance de ses stomates, l'épaisseur toujours égale (86 μ) de son mésophylle, par le faible développement des fibres extralibériennes des nervures de la feuille et par les dimensions moyennes des cellules médullaires des rameaux caulinaires. Cette espèce me paraît donc bien caractérisée. C'est aussi l'avis de M. Crépin. De plus le *R. carolina* semble se différencier, dans sa section, par deux particularités biologiques qui sont de fleurir au mois de juillet et de croître dans les stations humides (1).

Je place le *R. foliosa* Nutt., à côté du *R. carolina*, en me basant exclusivement sur une grande similitude des données anatomiques, telles que la petitesse des cellules épidermiques et médullaires, la longueur moyenne des cellules du parenchyme cortical et l'absence de fibres péridermiques bien développées dans la feuille. Je n'ai eu malheureusement que trop peu d'échantillons de *R. foliosa* pour pouvoir me prononcer d'une manière absolue sur son autonomie spécifique. Mais étant donnée la persistance des caractères retenus chez les autres représentants de la section, j'en déduis pour ceux du *R. foliosa* une valeur taxinomique suffisante pour le différencier, en tenant surtout compte de ce que, chez cette Rose, les tiges fleurissent dès la première année en se couronnant ordinairement d'une ou deux fleurs. Ce mode de végétation, dit M. Crépin, paraît très rare dans le genre; il est extrêmement remarquable et permet à lui seul de distinguer cette espèce des autres types américains, à l'exception toutefois de la variété *setigera* du *R. blanda* (2).

Le *R. foliosa* est donc une espèce de même valeur que le *R. carolina*. Si l'on tient compte de l'évolution des caractères anatomiques pour opérer la subordination des espèces, il y a lieu de placer ici le *R. lucida* Ehrh. Ce type inaugure

(1) Crépin, *Primitæ*, 1876.

(2) *Ibid.*, 1876.

une nouvelle série caractérisée par les plus grandes dimensions des cellules épidermiques de la feuille (fig. 77) et par l'existence de fibres péridermiques bien développées.

Le *R. lucida* a, en outre, les épidermes foliaires d'épaisseur très inégale et les stomates très longs (30-35 μ), ordinairement plus petits que les cellules environnantes. Je n'hésite pas à considérer ce Rosier comme la troisième espèce de la section.

Un échantillon de ce type, provenant d'un rameau non florifère, m'a fourni des caractères anatomiques bien différents, au point de vue de leur degré de développement, de ceux tirés des rameaux florifères. Le mésophylle était moins épais, beaucoup plus dense, les stomates plus petits et les cellules médullaires de dimensions plus réduites. Les fibres péridermiques et les dimensions des cellules de l'épiderme supérieur de la feuille n'avaient pas changé. On voit par là combien il importe de ne puiser les caractères anatomiques que dans des échantillons de même nature.

Le *R. nitida* Wild., pourrait facilement être confondu avec le précédent. Il n'en diffère que par l'épiderme supérieur de la feuille qui est moins épais, par l'épiderme inférieur ordinairement onduleux et par les stomates un peu plus petits. Mais, toutes proportions gardées, les différences d'épaisseur des épidermes foliaires, du mésophylle, et de longueur des stomates chez les divers individus de ce type, sont absolument les mêmes que chez *R. lucida*. A mon avis, le *R. nitida* n'est qu'une sous-espèce du *R. lucida*.

Si maintenant nous jetons les yeux sur les données morphologiques, nous y lisons ce qui suit (1) : « Le *R. nitida* diffère du *R. lucida* : 1° par sa taille plus petite, c'est-à-dire qu'il paraît rester à l'état d'arbuste ; 2° par ses axes entièrement sétigères, sans aiguillons géminés bien distincts ; 3° par ses folioles ordinairement plus petites et relativement plus étroites et plus allongées ; 4° par ses pédicelles, qui sont

(1) Crépin, *Primitia*, 1876.

plus allongés et moins épais, son réceptacle florifère et ses sépales plus abondamment glanduleux, à glandes plus longuement stipitées. » Ce ne sont là que des *plus* ou des *moins*, sans rien de saillant, c'est-à-dire sans aucun caractère qualitatif, M. Crépin conclut de l'examen comparatif de ces deux types, que le *R. nitida* n'est probablement qu'une variété du *R. lucida*. Ce cas particulier se trouve donc nettement tranché par l'anatomie.

La section se termine par le *R. humilis* Marsh., qui jouit d'une autonomie clairement exprimée sur les échantillons que je possède et qui proviennent de l'Amérique du Nord. Tous ces échantillons ont les cellules médullaires des rameaux 3-4 fois plus grandes que celles des autres espèces (fig. 78). Le *R. humilis* se rapproche davantage du *R. lucida* que du *R. carolina*, notamment par les grandes dimensions des cellules de l'épiderme inférieur et des stomates, ainsi que par la longueur tangentielle des cellules de la moitié interne du parenchyme cortical des rameaux qui, en général, sont moins ovales et plus allongées que chez *R. carolina*. C'est pour ces motifs que je place le *R. humilis* à la suite du *R. lucida* et que je lui reconnais une valeur spécifique (1).

SECTION VI. — *Cinnamomeæ*.

Cette section n'est pas mieux caractérisée dans son ensemble que celle des *Carolinae*. Les allures épharmoniques de l'une se retrouvent identiquement chez l'autre; en un mot, au point de vue anatomique, ces deux sections paraissent étroitement affines. Je n'entrerai pas dans la discussion des caractères morphologiques qui définissent les *Carolinae*, et les *Cinnamomeæ*, cela me ferait sortir du cadre que je me suis tracé, et je me bornerai à reconnaître que ces caractères sont presque tous communs aux deux sections.

Le *R. cinnamomea* L. est un type remarquable que je n'hésite pas à placer au rang des espèces *primaires*. Il est le

(1) Voy. le tableau récapitulatif, p. 114.

seul de la section à posséder des fibres libériennes dans la moitié externe du liber des rameaux (fig. 47). Ce caractère, quoique exprimé à un faible degré et non chez tous les individus, est un signe manifeste de proche parenté entre les *Cinnamomeæ* et les *Caninæ*. Le *R. cinnamomea* a en outre les cellules épidermiques foliolaires moyennes ou petites (fig. 46, 48), les stomates très courts (25-26 μ) et le mésophylle peu épais. Par le faible développement ou l'absence de fibres péridermiques dans la feuille, le *R. cinnamomea* inaugure une petite série de quatre types; les trois autres sont *R. nutkana* Prel., *R. pisocarpa* A. Gr. et *R. blanda* Ait.

Le *R. nutkana* diffère de l'espèce précédente par ses grandes cellules épidermiques (fig. 49, 50), ses stomates plus longs et l'absence de fibres libériennes caulinaires. C'est une espèce morphologique très proche du *R. cinnamomea*.

Le *R. pisocarpa* est également bien différencié anatomiquement. Les cellules de son épiderme supérieur sont petites (fig. 52), celles de l'inférieur moyennes ou petites; il a les stomates moins longs que le *R. nutkana*. Quant aux autres caractères tirés des nervures foliaires, du mésophylle et de la tige, rien de particulier ne les différencie de ceux des deux espèces précédentes.

Après avoir consciencieusement comparé les caractères morphologiques des *R. pisocarpa* et *R. nutkana*, M. Crépin (1) se demande si le premier peut constituer un type distinct ou s'il n'est pas une variété *microcarpa* du second. L'insuffisance de matériaux ne lui permet pas de trancher cette question.

Au point de vue anatomique la distinction spécifique est aussi nettement exprimée qu'entre les *R. cinnamomea* et *nutkana*, et si les données externes laissent des doutes à ce sujet, on peut, sans exagération, faire du *R. pisocarpa* une sous-espèce morphologique du *R. nutkana*.

Le *R. blanda* Ait. est en tous points identique au *R. piso-*

(1) Crépin, *Primitiæ*, 1876

carpa. Cellules de l'épiderme supérieur petites, de l'inférieur, moyennes ou petites, stomates d'une longueur de 23-26 μ , plus petits que les cellules voisines ou au plus égaux à elles, très nombreux, mésophylle d'épaisseur très variable, mais jamais supérieur à 80 μ ; fibres péridermiques ordinairement nulles; cellules médullaires des rameaux florifères moyennes ou petites (fig. 51). Il ne m'est donc point possible de séparer spécifiquement ces deux formes qui, malgré les caractères organographiques, ont certainement plus d'affinités avec le *R. cinnamomea* qu'avec le *R. nuthana*. C'est pourquoi je les placerai immédiatement à la suite du *R. cinnamomea*.

Au point de vue exclusivement anatomique, j'aurais fait une espèce du *R. blanda* et du *R. pisocarpa*, une variété du premier.

De l'avis de M. Crépin (1) le *R. Woodsii* Lindl. est une variété du *R. blanda*. L'anatomie confirme ce rapprochement et permet, en outre, de distinguer nettement le *R. Woodsii* de l'espèce type, par ses cellules épidermiques plus larges et ordinairement plus épaisses.

Le *R. arkansana* Port. par ses grandes cellules épidermiques, ses stomates d'une longueur de 30-31 μ , son mésophylle pouvant atteindre jusqu'à 126 μ d'épaisseur, ses fibres péridermiques bien développées et ses cellules médullaires des rameaux ordinairement grandes, est un type très différent du *R. blanda* et dont l'autonomie est indiscutable. Je n'hésite donc pas à en faire une espèce au même titre que le *R. blanda*. Dès 1885, Watson avait reconnu que le *R. arkansana* était une espèce distincte du *R. blanda*. Les caractères sur lesquels le savant américain s'était basé pour opérer la distinction ont été longuement critiqués par M. Crépin, qui en a conclu que le *R. arkansana* n'est qu'une forme dérivée du *R. blanda* (2). L'anatomie confirme la création de Watson.

(1) Crépin, *Primitiæ*, 1876, p. 37.

(2) Crépin, *Nouvelles remarques sur les Roses américaines* (Bull. Soc. roy. bot. de Belgique, 1889).

Le *R. californica* est bien à sa place apparemment à côté du *R. arkansana*, avec lequel il a de nombreux points communs et dont il ne diffère guère que par les cellules de l'épiderme supérieur, qui sont de dimensions moyennes, les stomates un peu plus longs et les cellules médullaires ordinairement petites.

M. Crépin dit que ce Rosier est un type bien distinct des autres *Cinnamomeæ* d'Amérique et qu'on ne saurait le confondre avec le *R. nutkana*. En présence de l'insuffisance des caractères anatomiques, il était nécessaire que ceux tirés de la morphologie fussent meilleurs pour conserver au *R. californica* sa dignité spécifique.

Ailleurs, M. Crépin (1) établit un parallélisme entre les *R. californica* et *R. Beggeriana* Schr., duquel il résulte que ces deux types ont d'assez nombreux caractères communs tout en possédant des variétés parallèles. Ce judicieux rapprochement n'est pas très bien confirmé par l'anatomie.

Le *R. Beggeriana* me paraît être, en effet, une espèce polymorphe gardant assez mal ses caractères anatomiques. Des échantillons cultivés dans les jardins botaniques de Bruxelles, de Suisse et de Kew, présentent d'assez grands écarts dans certains caractères tirés des épidermes, des stomates, de l'épaisseur du mésophylle, etc., et, si on compare ces caractères à ceux fournis par des individus provenant du Turkestan, leur valeur quantitative diverge encore. Il m'aurait fallu un plus grand nombre d'échantillons spontanés pour être à même d'en dégager la diagnose du *R. Beggeriana*, et pouvoir établir son degré de parenté avec le *R. californica*.

Le *R. rugosa* Thunb. est une espèce primaire, se distinguant nettement de tous les représentants du genre par les cellules de l'épiderme inférieur, qui se sont toutes allongées et affectent la forme de petits poils très trapus et arrondis à leur extrémité libre (fig. 53). La culture ne modifie pas ce

(1) Crépin, *Primitiæ*, p. 56, 1876.

caractère. Le *R. rugosa* est encore spécifié par ses stomates très petits (23 μ), plus grands que les cellules environnantes ou au moins égaux à elles (fig. 55). Son mésophylle, très compact, peut devenir subcentrique. Cette espèce se rapproche du *R. californica* par les cellules moyennes de son épiderme supérieur et par les fibres péridermiques de la foliole terminale.

Le *R. Kamtschatica* Vent. ne diffère du précédent que par l'absence des cellules piliformes de l'épiderme inférieur et de fibres péridermiques. L'épaisseur et les dimensions de ses cellules épidermiques, la longueur de ses stomates, la compacité et l'épaisseur du mésophylle, les dimensions des cellules médullaires des rameaux sont des caractères communs aussi au *R. rugosa*.

Je considère le *R. Kamtschatica* comme une simple variété de l'espèce précédente. Ces deux Roses forment un petit groupe assez isolé des espèces voisines.

Le *R. spithamea* Wats. a les cellules de l'épiderme inférieur très grandes et subonduleuses (fig. 57), les cellules de l'épiderme supérieur peuvent être grandes ou moyennes ; les stomates, d'une longueur oscillant entre 30 et 34 μ , sont plus petits que les cellules environnantes. Ce Rosier s'éloigne des *R. rugosa* et *Kamtschatica* : 1° par les dimensions des cellules épidermiques, des stomates ; 2° par l'épaisseur plus grande du mésophylle lacuneux, et 3° par la constance des fibres péridermiques. Il se rapproche au contraire du *R. californica* par ces mêmes caractères. Le *R. spithamea* me semble être une assez bonne espèce morphologique.

Le *R. Fendleri* Crép. est un type assez curieux. Les petites folioles portent en dessous des poils glandulifères ; les deux épidermes sont couverts d'assez nombreux petits poils simples ; le mésophylle très compact accuse une héliophilie extraordinaire ; les 4/5 de son épaisseur sont occupés par 3-4 assises de palissades très étroites, 5-6 fois plus longues que larges. Les cellules épidermiques sont plutôt petites que moyennes ; les fibres péridermiques sont bien développées.

le bois secondaire des rameaux est criblé de vaisseaux très étroits (fig. 58) et la moelle a ses cellules très petites. Par son facies anatomique, cette Rose me paraît être une nouvelle espèce morphologique. Comme elle possède d'assez nombreuses affinités avec le *R. spithamea*, je la place à la suite de ce dernier.

Le *R. gratissima* Green doit être étroitement rattaché au *R. Fendleri*, autant que je puisse en juger par les données anatomiques. Même héliophilie, mêmes épidermes inférieurs et stomates; fibres péridermiques aussi puissamment développées. Le *R. gratissima* ne serait, à mon avis, qu'une variété du précédent. Il n'en diffère que par les cellules de l'épiderme supérieur un peu plus grandes (moyennes) et un mésophylle plus épais. Ce ne sont là que de faibles caractères.

Le *R. laxa* Retz est caractérisé par ses grandes cellules épidermiques, recticurvilignes ou subonduleuses, qui peuvent devenir moyennes sous l'influence de la culture; par ses longs stomates ordinairement plus petits que les cellules environnantes, ses petites cellules médullaires, ainsi que par le nombre des faisceaux libéro-ligneux du pétiole, qui est souvent de cinq au lieu de trois (fig. 59). Cette espèce est voisine du *R. spithamea* par plusieurs autres caractères communs. Elle se distingue nettement du *R. cinnamomea* par la constance des fibres péridermiques, une plus grande longueur des stomates et les dimensions de ses cellules épidermiques.

Le *R. Beggeriana* Schr. qui, au point de vue morphologique, semble ne pouvoir être confondu avec aucune autre espèce de la section, est assez difficile à diagnostiquer anatomiquement, du moins avec les quelques échantillons spontanés que je possède. Ces derniers lui donnent un épiderme supérieur à grandes cellules (fig. 60), un épiderme inférieur onduleux ou subonduleux et des fibres péridermiques bien développées dans la nervure et le pétiolule terminal. Mes échantillons de culture, provenant de Bruxelles, de Kew et de Suisse, indiquent de grandes variations quantitatives. Les

cellules épidermiques sont moyennes ou petites; la nervure et le pétiole sont dépourvus de fibres mécaniques extra-libériennes. Les seuls caractères constants et communs à tous les échantillons sont l'absence de fibres péridermiques dans la nervure secondaire, les dimensions petites ou moyennes des cellules médullaires des rameaux et le nombre constant d'assises cellulaires du parenchyme cortical de ces mêmes rameaux. Les caractères morphologiques prévalant ici, m'autorisent à considérer le *R. Beggeriana* comme une espèce secondaire.

Le *R. anserinæfolia* Boiss. possède tous les caractères anatomiques distinctifs de l'espèce précédente; il est donc bien, ainsi que l'a établi la morphologie, une variété de cette espèce.

Quant au *R. lacerans* Boiss. et Buchse, il est parfaitement différencié par la nature centrique et la grande épaisseur de son mésophylle (fig. 61), ainsi que par ses fibres péridermiques bien développées. Je ne saurais voir dans cette Rose, ainsi que le croient quelques floristes, une simple variété du *R. anserinæfolia*. C'est une espèce bien caractérisée. Mes échantillons de Perse ont été récoltés, les uns à 3400, les autres à 3500 pieds d'altitude. Tous ont même mésophylle, même parenchyme cortical de la tige, même moelle; collenchyme du pédoncule floral parfaitement en couronne avec cellules médullaires petites (fig. 62, 63). Chose curieuse, les échantillons de la plus haute altitude ont les cellules épidermiques de la feuille et les stomates plus grands que ceux de la plus faible altitude.

Le *R. algoiensis* Crép. ne me paraît pas à sa place à la suite du *R. lacerans*; il serait beaucoup mieux à côté du *R. laxa*, dont il possède tous les caractères, tels que cellules épidermiques grandes, stomates longs et fibres péridermiques de moyenne épaisseur. Je considère ce type comme une variété du *R. laxa*, caractérisée surtout par ses stomates plus longs (32-33 μ) et les cellules médullaires de la tige grandes au lieu de moyennes ou petites.

Le *R. Alberti* Regel, simplement différencié du *R. Beggeriana* par ses cellules épidermiques moyennes et une différence d'épaisseur un peu plus faible entre ses épidermes, doit être rapproché de cette espèce à titre de variété.

Le *R. gymnocarpa* Nutt. a les cellules épidermiques grandes; celles de l'épiderme supérieur sont recticurvilignes et celles de l'inférieur onduleuses (fig. 64). Son mésophylle peu épais (70-80 μ) est bifacial (fig. 66); les faisceaux libéro-ligneux des nervures sont ordinairement dépourvus de fibres mécaniques extra-libériennes (la culture peut cependant en faire naître) (fig. 65) et les cellules médullaires sont de dimensions moyennes. Cette espèce a des affinités anatomiques avec quelques représentants du *R. Beggeriana*.

Le *R. macrophylla* Lindl. est une espèce morphologique aussi mal définie par les données anatomiques que le *R. gymnocarpa*. Elle comporte de si nombreuses variétés qu'il est difficile d'en dégager les caractères de la plante typique, laquelle peut être différenciée de la manière suivante: cellules épidermiques grandes ou moyennes, recticurvilignes, les inférieures assez souvent subonduleuses; stomates d'une longueur de 28-30 μ ; mésophylle bifacial d'une épaisseur inférieure à 100 μ ; faisceaux libéro-ligneux de la feuille munis de fibres extra-libériennes; cellules médullaires des rameaux ordinairement petites; parenchyme cortical comprenant 13-14 assises de cellules.

Les variétés microphylles sont généralement dépourvues de fibres périodermiques. Quant aux autres variétés, elles peuvent avoir les cellules épidermiques moyennes ou petites, le mésophylle bifacial ou subcentrique, posséder ou non des fibres périodermiques et avoir les cellules médullaires grandes, moyennes ou petites. Le pollen de cette espèce est abondant, pur et de couleur citrin pâle; la longueur de ses grains oscille entre 45 et 50 μ .

La place assignée à cette espèce par M. Crépin, dans la série des représentants de la section, me paraît judicieusement établie.

Le *R. Webbiana* Vall. est une espèce encore plus mal différenciée. Les caractères anatomiques d'adaptation accusent de très nombreux changements, qu'il s'agisse d'échantillons provenant de l'*Himalaya*, du *Turkestan*, de l'*Afghanistan* ou des jardins botaniques.

M. Crépin (1) dit que si l'on voyait isolément certaines formes du *R. Webbiana*, on serait tenté d'y voir autant d'espèces différentes, tant ce type varie dans son facies. Je le crois sans peine.

En groupant toutes les formes qui ont l'épiderme inférieur de la foliole terminale à cellules grandes et les stomates plus petits que les cellules voisines, on circonscrit assez nettement les variétés α *genuina* et β *latifolia* établies, dès 1874, par M. Crépin.

Les représentants de la variété *genuina* ont en même temps les cellules de l'épiderme supérieur grandes, le mésophylle épais, bifacial ou subcentrique et des fibres péridermiques bien développées.

Les représentants de la variété *latifolia* ont les cellules de l'épiderme supérieur grandes ou moyennes, un mésophylle bifacial et des fibres péridermiques souvent nulles.

Quant aux représentants de la variété *microphylla*, ils sont différenciés par leur épiderme inférieur à cellules petites; leurs stomates plus petits que les cellules environnantes et un mésophylle très compact et *centrique*. Cette dernière qualité suffit certainement pour élever à la dignité spécifique les individus qui la possèdent. Elle indique, en effet, chez les *plantes ligneuses*, une adaptation très spéciale et d'une grande fixité. Elle est très rare chez les *Rosa*.

Quelques-uns de ces groupes peuvent encore subir des variations quantitatives qui viennent détruire leur homogénéité et en diminuer la valeur taxinomique.

Je diviserai donc le *R. Webbiana* en deux espèces. La première, qui comprend les variétés *genuina* et *latifolia*, est

(1) Crépin, *Primitiæ*, p. 276, 1874.

caractérisée surtout par un mésophylle bifacial ou subcentrique. La seconde, qui comprend les individus *rigoureusement* microphylls, est différenciée par un mésophylle centrique, dont toutes les cellules sont transformées en palissades (fig. 67).

Je propose de donner à cette espèce *primaire* et microphyll, d'une structure remarquable, le nom de *R. Vesquensis*, en souvenir de mon regretté et cher maître, feu Julien Vesque.

Si les caractères morphologiques de cette nouvelle espèce sont ceux du *R. Webbiana*, ses folioles petites permettront, en revanche, de la distinguer nettement. La valeur spécifique, incontestable, est tirée de la structure du mésophylle.

En 1874, c'est-à-dire au début de ses recherches particulières sur le *R. Webbiana*, M. Crépin pensait que cette espèce devait figurer dans la section des *Pimpinellifoliées*, et à côté du *R. spinosissima* (1). Mais plus tard, après une étude plus approfondie, il reporta l'espèce dans la section *Cinnamomeæ*, à la suite du *R. macrophylla*. L'anatomie confirme cette dernière manière de voir.

Le *R. oxyodon* Boiss. est une espèce bien caractérisée par ses grandes cellules épidermiques (fig. 68), l'inégale épaisseur des épidermes (échantillons spontanés), l'inférieur étant ordinairement subonduleux, et par l'existence de fibres extra-libériennes dans les faisceaux libéro-ligneux de la nervure médiane et du pétiole terminal.

En 1875, M. Crépin (2) écrivait ce qui suit au sujet de cette espèce : « Le *R. oxyodon* est un type qui paraît jusqu'ici propre aux régions orientales du Caucase, type offrant des variations parallèles à celles d'autres types similaires. Sa place naturelle est marquée entre le *R. alpina* et le *R. rubrifolia*, mais il se rapproche, semble-t-il, plus de ce dernier et constitue un passage vers la section des *Caninæ*. »

(1) Crépin, *Primitiæ*, p. 277, 1874.

(2) Crépin, *Primitiæ*, p. 14, 1875.

Il y a beaucoup de vrai dans ce rapprochement, car les caractères anatomiques distinctifs des *R. rubrifolia* et *oxyodon* offrent une grande ressemblance. Mais ces caractères sont moins affirmatifs lorsqu'il s'agit de considérer le *R. oxyodon* comme un passage vers les *Caninæ*, et, dans ce cas, sont loin d'avoir la même valeur que ceux fournis par le *R. cinnamomea* étudié plus haut.

Ailleurs, M. Crépin (1) reconnaît que le *R. oxyodon* présente plus de traits de ressemblance avec le *R. alpina* qu'avec le *R. cinnamomea*; la ressemblance est parfois telle avec notre Rose des Alpes qu'on est très embarrassé pour les distinguer l'une de l'autre. On pourrait supposer qu'elles ne sont, l'une et l'autre, que deux races d'un même type spécifique dont l'isolement, dans deux massifs alpins très distincts, a causé les différences; mais c'est là une supposition à laquelle M. Crépin ne s'arrête pas, convaincu qu'il est de la complète distinction des deux types.

Une autre supposition, dit-il, peut être faite, celle de l'identité spécifique du *R. oxyodon* et du *R. cinnamomea*. Cette supposition, M. Crépin n'est pas plus disposé à l'admettre que la précédente. Je partage complètement la manière de voir de mon savant confrère.

Le *R. oxyodon* est très rapproché du *R. alpina* par les grandes dimensions de ses cellules épidermiques, par l'épaisseur de son mésophylle et par l'existence ordinaire de fibres péridermiques dans la feuille des échantillons spontanés.

Il ne saurait être rapproché du *R. cinnamomea* qui est le seul de la section à développer parfois des fibres mécaniques dans la moitié externe du liber de la tige (2). Malgré ses réelles affinités avec le *R. alpina*, le *R. oxyodon* ne saurait être confondu avec lui à cause de l'inégale épaisseur

(1) CRÉPIN, *Remarques sur le R. OXYODON* (in Bull. herb. Boissier, vol. III, n° 6, 1895).

(2) Il ne faut pas confondre ces fibres isolées ou réunies en petits groupes de 2-3, avec les énormes massifs de prosenchyme péricyclique et libérien très constants chez tous les représentants du genre.

de ses épidermes foliolaires, du nombre moins grand d'assises cellulaires dans le parenchyme cortical de ses rameaux (16-17 au lieu de 18-21) et des dimensions plus faibles des cellules médullaires de ces mêmes rameaux.

La culture du *R. oxyodon* induirait certainement en erreur l'anatomiste qui n'aurait à sa disposition que des échantillons de jardins botaniques. Je possède des spécimens provenant des jardins de Bruxelles et de Zöschen. Ceux de la première localité accusent des épidermes foliolaires beaucoup moins épais, des stomates plus petits, un mésophylle moins épais (cette épaisseur varie encore avec les dimensions des folioles) et des cellules médullaires plus grandes que ceux provenant de Zöschen. Cette même culture, dans les deux localités, a amené aussi la disparition des fibres péridermiques de la feuille. Ce nouvel exemple montre avec quel soin doivent être faites les recherches anatomiques appliquées à la classification.

Outre le rapprochement qui vient d'être fait entre les *R. alpina* et *oxyodon*, il en existe un autre plus intime encore entre le *R. oxyodon* et les *R. acicularis* Lindl., *R. Sayi* Schw. et *R. nipponensis* Crép. J'admire la sagacité et la précision avec lesquelles le savant rhodologue belge a su apprécier les caractères morphologiques et établir les degrés de parenté des espèces et formes secondaires du genre !

Le *R. acicularis* Lindl., quoique possédant une aire végétative fort étendue qui, peut-être, fait le tour de l'hémisphère boréal, est peu variable quant à ses caractères anatomiques. Des échantillons provenant de Russie et de Scandinavie sont facilement comparables. Ils donnent une idée de la structure de la plante type et sont caractérisés par leurs grandes cellules épidermiques (fig. 69 et 70), la grande longueur des stomates (35-42 μ), un mésophylle toujours inférieur à 100 μ et un parenchyme cortical à cellules longuement ovales tangentielllement et disposées sur 12-13 assises.

Les échantillons de Sibérie ont au contraire les cellules épidermiques petites (fig. 71 et 72) et les stomates beaucoup moins longs (28μ). Mais tous, même ceux provenant du jardin botanique de Münden, ont la foliole terminale dépourvue de fibres péridermiques ou à fibres très minces, surtout dans le pétiole, et présentent le même nombre d'assises cellulaires dans le parenchyme cortical des rameaux.

Le *R. acicularis* est une espèce morphologique.

Le *R. Bourgeauiana* Crép. est une variété du *R. acicularis*.

Le *R. Sayi* Schwein. est une espèce très rapprochée de la précédente par les grandes dimensions des cellules épidermiques et la longueur des stomates ; mais il s'en distingue par la constance des fibres péridermiques et par les grandes cellules médullaires des rameaux (échantillons spontanés) (fig. 73). La culture modifie ces caractères.

Le *R. nipponensis* Crép. est une bonne espèce caractérisée par les cellules de l'épiderme supérieur, grandes ou moyennes, recticurvilignes ou subonduleuses, par celles de l'inférieur qui sont toujours grandes et subonduleuses, par la faible épaisseur du mésophylle ($53-60 \mu$), une grande hélioxérophilie, des fibres péridermiques épaisses, même dans les échantillons de jardins botaniques, et les cellules médullaires moyennes des rameaux (fig. 74).

Enfin le *R. alpina* clôt la série des espèces à grandes cellules épidermiques et à longs stomates. Il est très rapproché du précédent par la faible épaisseur du mésophylle ; mais il s'en distingue par l'égale épaisseur des épidermes foliolaires, par les cellules grandes ou très grandes de ces épidermes, par l'inconstance des fibres péridermiques, par le nombre supérieur d'assises cellulaires du parenchyme cortical des rameaux (fig. 75), par les cellules médullaires grandes ou moyennes de ces derniers et par l'existence de poils glandulifères sur la foliole terminale et le rachis médian.

Je ne pense pas commettre une hérésie au point de vue

morphologique en rapprochant le *R. davorica* Pall. du *R. rugosa* Thunb. De son côté, l'anatomie m'y autorise pleinement. Cellules de l'épiderme supérieur moyennes, les inférieures moyennes ou petites, souvent *très saillantes extérieurement* (fig. 56); stomates de même longueur ($23\ \mu$); mésophylle également peu épais ($47-65\ \mu$), non lacuneux, dont les deux tiers environ sont occupés par le parenchyme en palissade: tels sont les principaux caractères de cette Rose, qui ne diffère du *R. rugosa* que par un allongement moins accentué des cellules de l'épiderme inférieur, par l'inconstance des fibres périodermiques et le parenchyme cortical des rameaux à assises moins nombreuses (12-14 au lieu de 18-20). Le *R. davorica* est une petite espèce morphologique.

Le *R. Giraldui* Crép. est faiblement caractérisé anatomiquement. Les cellules de son épiderme inférieur sont de dimensions très variables, celles de l'inférieur sont presque toujours moyennes; les stomates, d'une longueur de $26-28\ \mu$, sont plus petits que les cellules environnantes; le mésophylle est toujours bifacial, les fibres périodermiques sont inconstantes: les cellules médullaires du pédoncule floral sont petites, celles des rameaux sont ordinairement petites, mais dans certaines variétés elles peuvent être grandes. Le *R. Giraldui* a plus d'affinités avec le *R. Webbiana* qu'avec tout autre représentant de la section. C'est pourquoi je le mettrai à sa suite dans le tableau final (1).

Le *R. Biondui* Crép. diffère si peu anatomiquement de certaines formes du *R. macrophylla* Lindl. que je n'hésite pas à le rapprocher de ce dernier. Quant à sa distinction spécifique, à l'aide des données internes, elle est si faible que je renonce à l'établir. Si donc les caractères morphologiques, qui ont rang prépondérant dans le cas actuel, ne s'y opposent pas, je rattacherai le *R. Biondui* au *R. macrophylla* simplement en qualité de forme secondaire ou de race.

(1) V. le tableau, p. 114.

SECTION VII. — *Pimpinellifoliæ*.

J'ai fait observer précédemment que cette section présentait une assez grande homogénéité et qu'elle pouvait être caractérisée par l'absence de fibres extra-libériennes dans les nervures secondaire et médiane, souvent aussi dans le pétiole de la foliole terminale. Un autre caractère important, la présence de fibres mécaniques dans le liber des rameaux, plus fréquente chez les *Pimpinellifoliæ* que chez les *Cinnamomeæ*, permet de rapprocher ces deux sections, et établit en outre leur affinité avec les *Caninæ*.

M. Crépin n'admet que deux espèces dans la section *Pimpinellifoliæ*, qui sont les *R. pimpinellifolia* L. et *R. xanthina* Lindl. Je n'ai donc porté mes recherches que sur ces deux types.

Le *R. pimpinellifolia* est une espèce *primaire* caractérisée par les cellules de l'épiderme inférieur qui sont grandes ou très grandes (fig. 79); par celles du supérieur qui peuvent être grandes ou moyennes, par l'existence *fréquente* de fibres mécaniques dans la moitié externe du liber de la tige, par les cellules médullaires moyennes ou petites, et enfin par le nombre assez constant d'assises cellulaires (14-16) dans le parenchyme cortical des rameaux.

Les variétés *myriacantha* et *Ripartii* se différencient de l'espèce type par la grande épaisseur de leur mésophylle (103-110 μ), et elles se distinguent l'une de l'autre, la première par ses cellules médullaires petites et des fibres libériennes dans les rameaux de deux ans, la seconde par ses cellules médullaires grandes et par l'absence de fibres libériennes dans les rameaux du même âge.

Le *R. xanthina* L. est aussi une espèce *primaire*. Il se distingue du précédent par les épidermes foliolaires d'épaisseur ordinairement très inégale; par les cellules de ces mêmes épidermes qui sont petites ou moyennes, rarement grandes; par le nombre très inconstant des assises du parenchyme

cortical des rameaux, et enfin par l'absence de fibres libériennes.

N'ayant eu à ma disposition que des rameaux de deux ans, je ne puis affirmer si les fibres libériennes se développent à un âge plus avancé. Quoi qu'il en soit, l'absence de ces fibres dans les rameaux de deux ans constitue un excellent caractère qui ne se dément jamais sur mes nombreux échantillons provenant du Turkestan, de l'Afghanistan, du Chen-si septentrional, ainsi que des jardins botaniques de Bruxelles et de Zöschen (Prusse).

Parmi ces échantillons, il en est un, originaire de l'Afghanistan, qui diffère considérablement de tous les autres (1). D'abord au point de vue morphologique, il est le seul à porter de courts et gros poils glandulifères sur l'épiderme inférieur de la foliole terminale. C'est un type rigoureusement microphylle, à folioles ayant 3-4 millimètres de large sur 6-8 de long. Les cellules épidermiques sont petites; les stomates, plus grands que les cellules environnantes, ont une longueur de 25-26 μ , au lieu de 30-33 μ ; le mésophylle est *centrique*, toutes ses assises étant transformées en palissades (fig. 81) et le pétiole renferme ordinairement à sa base 5 faisceaux libéro-ligneux au lieu de 3.

Étant donnée la seule qualité du mésophylle, dont j'ai déjà parlé, qualité très rare dans le genre, où elle désigne toujours des espèces *primaires*, je distrais cette plante de l'espèce *xanthina* pour l'élever au rang d'espèce *primaire* sous le nom de *R. Ecæ* Aitch (2).

Avant d'aborder l'examen des espèces des sections suivantes, je crois devoir faire quelques remarques sur l'ordre suivant lequel M. Crépin a disposé ces sections. En consultant les caractères morphologiques distinctifs de chacune

(1) Ce spécimen, que je tiens de M. Crépin, ne porte pas de numéro d'herbier.

(2) J'avais pensé dédier cette espèce à M. Émile Burnat, botaniste suisse et auteur de travaux savants concernant le genre *Rosa*, lorsque M. Crépin m'informa que l'échantillon innomé avait été détaché d'un grand spécimen de *R. Ecæ* Aitch.

d'elles, on saisit assez difficilement leurs vrais liens de parenté. Qu'il s'agisse de l'exsertion ou de l'inclusion des styles, de la persistance ou de la caducité des sépales, de l'existence ou de l'absence des bractées, de la direction des tiges dans l'espace, ou de la forme et de la disposition des aiguillons, des stipules adnées ou libres, etc., il n'est pas possible, avec les nombreux points communs qu'ont entre elles ces diverses sections, d'affirmer que chacune d'elles possède des caractères qui lui soient absolument propres. L'anatomie est plus expressive.

Les espèces des sections *Minutifoliæ* et *Microphyllæ* étant les seules à posséder des fibres mécaniques dans le liber de la tige, peuvent être groupées et, en outre, être placées à la suite des *Pimpinellifoliæ* qui possèdent le même caractère. La morphologie ne désapprouve pas cette manière de voir ; elle l'explique même. Ainsi les *Minutifoliæ* et les *Microphyllæ* sont les seules qui aient les ovaires insérés au fond ou dans la région basilaire du réceptacle.

La section *Luteæ* vient ensuite ; puis les sections *Lævigatæ*, *Sericæ* et *Bracteataæ*. Cette dernière est nettement tranchée des précédentes par les grandes cellules de l'épiderme supérieur et la constance des fibres péridermiques.

SECTION VIII. — *Minutifoliæ*.

Le *R. minutifolia* Engl., seul représentant de cette section, est une espèce américaine très curieuse à tous les points de vue. Ses feuilles, d'une extrême petitesse et profondément dentées, la pubescence de ses axes et aiguillons lui donnent un cachet particulier (1). Les principaux caractères anatomiques sont : Épiderme supérieur deux fois plus épais que l'inférieur, à cellules moyennes ou petites ; stomates d'une longueur moyenne de 26 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes ; mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 70 μ , ne comprenant que 4-5 assises de cellules, les deux

(1) La diagnose de cette espèce a été publiée par M. Crépin dans le *Bull. de la Soc. roy. bot. de Belgique*, t. XXI, 2^e partie, p. 146-149.

supérieures transformées en palissades et remplissant les deux tiers du mésophylle. Nervures et pétiole terminal dépourvus de fibres périodermiques. Épiderme, collenchyme et plusieurs assises sous-jacentes du parenchyme cortical des rameaux exfoliés et remplacés, de bonne heure, par un périoderme puissant et continu. Prosenchyme péricyclique à cellules très peu allongées parallèlement à l'axe. Fibres mécaniques nombreuses dans la moitié externe du liber ; vaisseaux ligneux d'un diamètre très petit ; cellules médullaires petites et à parois assez épaisses.

La faible longueur et la forme ovale des fibres péricycliques (fig. 84) constitue à elle seule un caractère remarquable, si l'on pense que ces mêmes fibres sont très allongées et fusiformes chez les autres représentants du genre. Ce caractère permet de considérer le *R. minutifolia* comme une espèce primaire nettement différenciée.

SECTION IX. — *Microphyllæ*.

Le *R. microphylla* Roxb. est un type aussi curieux que le précédent et également bien caractérisé. Il a les épidermes foliaires sensiblement de même épaisseur, avec cellules petites (fig. 85) ; les faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole terminal renforcés par un arc mécanique extra-libérien. Le périoderme de la tige, développé de bonne heure comme chez le *R. minutifolia*, a provoqué l'exfoliation des deux tiers du parenchyme cortical ; et, caractère très spécial, les fibres libériennes sont groupées en massifs dirigés tangentiellement sous forme de couronne discontinue vers le milieu du liber. La moelle a ses cellules petites.

Cette Rose n'a pas invariablement les feuilles petites ; elle peut les avoir de taille moyenne. Le qualificatif *microphylla* ne lui convient donc pas. Roxburg, qui le premier a étudié cette espèce, n'a eu sans doute sous les yeux que la variété *microphylla*.

Au sujet de la classification de cette espèce, M. Crépin

s'exprime ainsi (1) : « Il ne faut certes pas songer à rapprocher le *R. microphylla* du *R. sericea*, type isolé dans le genre par ses caractères et qui constitue à lui seul une section bien tranchée, que j'ai appelée *Ebracteata*; il ne peut pas non plus être rapproché des *R. bracteata* et *R. involucrata*, dont il diffère par de vrais caractères de section et dont il ne rappelle en rien le facies. On peut dire qu'à la façon des *R. Lævigata*, *R. Banksiæ* et *R. sericea*, il forme une section à part, une section jusqu'ici monotype et dont la diagnose sera en quelque sorte formée par les caractères spécifiques : aiguillons géminés, feuilles 9-15 foliolées, stipules toutes à ailes très étroites, longuement adhérentes au pétiole, à oreillettes étroites et divergentes, réceptacle fructifère chargé d'aiguillons aplatis, sépales persistants, les extérieurs profondément déchiquetés sur les bords et probablement étamines extrêmement nombreuses.

« C'est l'espèce dans laquelle les feuilles comptent le plus grand nombre de folioles. »

Le rapprochement du *R. microphylla* et du *R. sericea* d'une part, puis du *R. bracteata* d'autre part, n'est, en effet, pas à faire. L'anatomie s'y oppose autant que la morphologie. Mais si cette dernière est impuissante à établir les affinités réelles du *R. microphylla* et l'isole comme les *R. lævigata* et *Banksiæ*, l'anatomie a heureusement éclairé la question, ainsi que je l'ai démontré plus haut.

SECTION X. — *Luteæ*.

Le *R. lutea* Mill. est caractérisé par ses grandes cellules épidermiques, rarement moyennes, par ses longs stomates (30-35 μ) et par l'épaisseur du parenchyme cortical des rameaux qui comprend 17-19 assises cellulaires.

Le *R. sulphurea* Ait., rattaché au précédent par l'absence de tissu mécanique ou par la présence d'un prosenchyme irrégulier extra-libérien dans les nervures de la feuille et par

(1) Crépin, *Primitiæ*, p. 150, 1875.

les cellules médullaires de la tige à cellules grandes ou moyennes, en diffère par ses cellules épidermiques foliolaires ordinairement petites, rarement moyennes, par la longueur plus faible des stomates ($28\ \mu$) et par le parenchyme cortical de la tige plus mince (12-13 assises). Ces deux types constituent deux espèces distinctes.

SECTION XI. — *Lævigatæ*.

Le *R. lævigata* Mich. est une bonne espèce primaire caractérisée par son épiderme supérieur à cellules moyennes et onduleuses (fig. 86), ses longs stomates ($33\ \mu$), plus grands que les cellules environnantes ; par le faisceau libéro-ligneux du pétiole terminal qui est dépourvu de fibres mécaniques extra-libériennes ; par les cellules médullaires de la tige de petites dimensions (fig. 87), par la couronne continue de collenchyme et par les grandes cellules médullaires du pédoncule floral.

Des échantillons cultivés au golfe Juan sont, au contraire, pourvus de fibres péridermiques dans leurs nervures secondaire et médiane et ont le mésophylle ordinairement plus épais que ceux croissant à l'état spontané et originaires du Japon.

SECTION XII. — *Sericeæ*.

Le *R. sericea* Lindl., si curieux par ses fleurs tétramères et ses deux sortes d'aiguillons, les uns grands et géminés (aiguillons *laminifères*), les autres petits et nombreux (aiguillons *aciculaires*) (1), est une espèce dont l'homogénéité est attestée par tous ses représentants. Elle a les cellules épidermiques foliolaires très petites (fig. 88), les vaisseaux ligneux de la tige d'une extrême ténuité et les cellules médullaires ordinairement petites, parfois moyennes, jamais grandes. Certains individus, provenant du Chen-si septentrional, diffèrent de ceux de l'Inde par les stomates plus longs ($29-32\ \mu$).

(1) P. Duchartre, *Note sur les aiguillons du ROSA SERICEA* Lindl. (in *Revue gén. de bot.*, t. V, 1893).

au lieu de 24-25 μ) et par le mésophylle plus épais (103-110 μ au lieu de 70). Peut-être ces derniers représentent-ils une race ou une variété de l'espèce type; ils ont la foliole terminale absolument glabre.

SECTION XIII. — *Bracteatae*.

Le *R. bracteata* Wendl. est différencié de la manière suivante : cellules de l'épiderme supérieur très grandes; celles de l'inférieur très petites (fig. 89); épiderme supérieur trois fois plus épais que l'inférieur; stomates très petits (22-23 μ), plus grands que les cellules environnantes; mésophylle ordinairement très épais (130-166 μ); fibres péridermiques puissamment développées.

Ce Rosier est une espèce primaire.

Le *R. clinophylla* Thory. (*R. involucrata* Roxb.) diffère de son congénère par les cellules de l'épiderme supérieur qui sont petites, son mésophylle moins épais, par le parenchyme cortical de la tige moins puissant (12-13 assises au lieu de 16-17) et par les cellules médullaires du pédoncule floral, moyennes au lieu d'être grandes. Les autres caractères saillants communs aux deux espèces sont : 1° la grande inégalité d'épaisseur des épidermes foliolaires, l'exiguïté des cellules de l'épiderme inférieur, l'existence de fibres péridermiques et les dimensions moyennes des cellules médullaires des rameaux.

Le *R. clinophylla* a aussi les épidermes foliaires couverts de longs poils serpentiformes (fig. 91). La culture ne modifie pas les caractères retenus. Ce dernier type est aussi une espèce primaire.

Tableau récapitulatif des représentants du sous-genre
« *Stipulæ* ».

Espèces primaires.	Espèces morphologiques.	Sous-espèces morphologiques.	Formes secondaires (Races, variétés, etc.).
SECT. I. — <i>Synstylæ</i> .			
R. <i>Watsoniana</i> Cr.	R. <i>microcarpa</i> Lindl.		R. <i>Colletti</i> Crép. R. <i>multiflora</i> Thunb. R. <i>Luciæ</i> Franch. et Roch.
	R. <i>tunquinensis</i> Cr. R. <i>anemonæflora</i> Fort.		R. <i>Wichuraiana</i> Crép.
	R. <i>setigera</i> Mich. R. <i>phœnicia</i> Boiss.		
	R. <i>moschata</i> Hern.	R. <i>soulieana</i> Crép.	R. <i>Abyssinica</i> . R. Br. R. <i>longicuspis</i> Bert. R. <i>Leschenaultiana</i> Arn. et Wight.
	R. <i>arvensis</i> Huds.	R. <i>sempervirens</i> L.	
SECT. II. — <i>Indicæ</i> .			
	R. <i>indica</i> L. R. <i>gigantea</i> Coll.		
SECT. III. — <i>Banksiæ</i> .			
R. <i>Banksia</i> R. Br.			
SECT. IV. — <i>Caninæ</i> .			
Subsect. <i>EUCANINÆ</i> Crép.			
R. <i>canina</i> L.		R. <i>lutetiana</i> Lem.	R. <i>dumalis</i> Bechst. R. <i>andegavensis</i> Bast. R. <i>Blondeana</i> Rip. R. <i>verticillacantha</i> Mér. R. <i>scabrata</i> Crép. R. <i>Deseglisei</i> Bor. R. <i>Pouzini</i> Tratt. R. <i>glauca</i> Vill. R. <i>Chavini</i> Rap. R. <i>uriensis</i> Lag. et Pug. R. <i>montana</i> Chaix. R. <i>obtusifolia</i> Desv.
		R. <i>dumetorum</i> Th.	
		R. <i>coriifolia</i> Fries.	
	R. <i>tomentella</i> Lém. R. <i>abietina</i> Gren. R. <i>rubrifolia</i> Vill.		
Subsect. <i>STYLOSÆ</i> .			
	R. <i>stylosa</i> Desv.		
Subsect. <i>RUBIGINOSÆ</i> Crép.			
	R. <i>rubiginosa</i> L. R. <i>sepium</i> Thuill. R. <i>zalana</i> Wiesb. R. <i>seraphini</i> Viv.		R. <i>micrantha</i> Sm. R. <i>graveolens</i> Gren. R. <i>sicula</i> Tratt.

Espèces primaires.	Espèces morphologiques.	Sous-espèces morphologiques.	Formes secondaires (Races, variétés, etc.)
<i>Subsect. VILLOSÆ Crép.</i>			
	R. pomifera Herrn. R. Heckeliana Tratt R. glutinosa S. et Sm. R. orientalis Dup.	R. mollis Sm. R. iberica Stev.	
<i>Subsect. TOMENTOSÆ Crép.</i>			
	R. tomentosa Sm.	R. omissa Déségl.	R. Beloniana Desp.
<i>Subsect. ELYMAITICÆ.</i>			
R. elymaitica Boiss. et Hausskn.			
<i>Subsect. JUNDZILLIÆ Crép.</i>			
	R. Jundzilli Bess.		
<i>Subsect. GALLICÆ.</i>			
	R. gallica L.		
SECT. V. — <i>Carolinæ.</i>			
	R. carolina L. R. foliosa Nutt. R. lucida Ehrh. R. humilis Marsh.	R. nitida Willd.	
SECT. VI. — <i>Cinnamomeæ.</i>			
R. cinnamomea L.	R. nutkana Presl. R. blanda Ait. R. pisocarpa A. Gr. R. arkansana Port. R. californica Ch. et Schl.		R. Woodsii Lindl.
R. rugosa Thunb.	R. davurica Pall. R. spithamea Wats. R. Fendleri Crép. R. laxa Retz.		R. Kamtschatica Vent. R. gratissima Gr. R. algoiensis Crép. R. anserinæfolia Boiss.
R. lacerans Boiss. et Buchse.	R. Beggeriana Sch.		R. Alberti Regel.
	R. gymnocarpa Nutt. R. macrophylla Lindl. R. Webbiana Wall.		R. Biondii Crép.
R. Vesquensis sp.n.	R. Giraldii Crép. R. oxyodon Boiss. R. acicularis Lindl. R. sayi Schw. R. nipponensis Cr. R. alpina L.		R. Bourgeauiana Crép.
SECT. VII. — <i>Pimpinellifoliæ.</i>			
R. pimpinellifolia L.			
R. xanthina Lindl.			
R. Ecæ Aitch.			

Espèces primaires.	Espèces morphologiques.	Sous-espèces morphologiques.	Formes secondaires (Races, variétés, etc.).
SECT. VIII. — <i>Minutifoliæ</i> .			
R. minutifolia Eng.			
SECT. IX. — <i>Microphyllæ</i> .			
R. microphylla Roxb.			
SECT. X. — <i>Luteæ</i> .			
	R. lutea Mill. R. sulphurea Ait.		
SECT. XI. — <i>Lævigatæ</i> .			
R. lævigata Mich.			
SECT. XII. — <i>Sericeæ</i> .			
R. sericea Lindl.			
SECT. XIII. — <i>Bracteatæ</i> .			
R. bracteata Wend. R. clinophylla Thory.			

TROISIÈME PARTIE

CHAPITRE VII

RECHERCHES GÉNÉALOGIQUES SUR LES SECTIONS.

Tous les représentants du genre dérivent d'un type unique et éteint dont la dispersion et la puissance végétative étaient très grandes. Les raisons sur lesquelles je base cette hypothèse ressortent : 1° du mode d'évolution des individus ; 2° de leur organisation interne, et 3° de la résistance de cette organisation même aux diverses influences d'adaptation.

Les caractères anatomiques sont antérieurs aux caractères morphologiques ; ils étaient acquis avant le démembrement du genre ; ils n'ont donc, pour la plupart, subi que des variations quantitatives.

Le type ancestral et collectif possède deux branches de dérivation très inégales ; l'une est très pauvre, l'autre d'une richesse incomparable. La première n'est plus représentée aujourd'hui que par le *R. berberifolia* Pall., espèce des régions désertiques de la Perse, du Turkestan, de la Tartarie et de la Sibérie. Sa structure anatomique ne diffère en rien de celle des autres *Rosa*, si ce n'est que par l'existence de stomates sur les deux épidermes foliaires. Le *R. berberifolia* a, en outre, les graines glabres, les feuilles simples et dépourvues de stipules. Il a acquis une grande fixité structurale et a perdu l'habitude de varier, précisément parce qu'il a vécu pendant un temps considérable dans un milieu très éloigné des conditions moyennes de végétation. Il s'est adapté admirablement à ce milieu extrême en restreignant ses fonctions transpiratoires, tout en augmentant sa puissance assimilatrice. Les folioles latérales ont disparu et la terminale seule est devenue une vraie feuille ; les stomates, par compensation, se sont développés sur l'épiderme supérieur, mais en enfonçant leur ostiole dans cet épiderme ; en même temps, toutes les assises du mésophylle se transformaient en palissades.

Le *R. berberifolia* occupe l'extrême limite de la petite branche qu'il représente ; il est donc à la fois très éloigné du groupe nodal et de l'autre branche de dérivation. Son facies particulier, très différent de celui des vraies Roses, avait amené certains phylographes à le rejeter du genre, pour en faire le genre *Hulthemia* Dumort. Il appartenait à l'anatomie d'élucider ce point de classification.

La paléontologie nous renseigne très peu sur les origines du genre. Weber a décrit, comme provenant de l'oligocène de Bonn, une feuille qu'il rapporte à une espèce nommée par lui *R. dubia* ; puis une autre, avec quelques aiguillons, qui lui ont permis d'édifier son *R. Nausicaës*.

Unger a décrit des organes semblables provenant du tertiaire de *Radoboj* (*R. penelopes*).

Heer, de son côté, rapporte au même genre des feuilles

de l'oligocène de la Baltique. Il leur a donné le nom de *R. lignitum*.

Le tertiaire de l'Amérique du Nord de Florissant a fourni à Lesquereux le *R. Hilliæ* (1).

Outre qu'il est fort difficile d'identifier ces fragments fossiles, en raison de leur authenticité un peu douteuse, on ne saurait davantage les rapporter avec certitude à l'une quelconque des formes existant actuellement. Il demeure acquis cependant que, dès l'époque tertiaire, le genre *Rosa* s'étendait sur l'ancien monde et le nouveau.

Le groupe nodal est d'origine asiatique. L'existence exclusive, dans ces vastes régions, du *R. berberifolia* en est la meilleure preuve.

La seconde branche de dérivation, elle-même très ramifiée, a débuté par la section *Cinnamomeæ*, dont l'aire et la puissance de végétation sont très étendues. En examinant attentivement les aptitudes biologiques et les caractères anatomiques des espèces de toutes les autres sections, il n'est pas possible de substituer l'une quelconque de ces dernières aux *Cinnamomeæ*. Par leurs ovaires insérés dans la région basi-pariétale du réceptacle, les *Cinnamomeæ* indiquent : 1° un état d'infériorité que l'on ne rencontre que dans quelques autres petites sections, et 2° un rapprochement avec *R. berberifolia*.

Leurs caractères anatomiques oscillent entre des limites très éloignées et sont capables, par cela même, d'engendrer des espèces primaires plus activement qu'aucune des autres sections. En établissant des rapports comparatifs entre les caractères spécifiques des divers *Caninæ*, par exemple, on reconnaît que ces rapports sont sensiblement égaux pour chacun d'eux. Il en est de même des *Synstylæ*, des *Pimpinellifoliæ*, etc., tandis que la plupart des espèces de la section *Cinnamomeæ* sont mieux individualisées par les caractères spécifiques, ce qui prouve encore leur antériorité d'exis-

(1) Je remercie sincèrement M. Renault, assistant au Muséum, des renseignements paléontologiques qu'il a bien voulu me fournir.

tence, en même temps qu'une énergie évolutive très active.

Toutes les *Cinnamomeæ* sont des espèces de montagne, à l'exception des *R. rugosa*, *R. Kamtschatica* et *R. blanda*, qui sont des plaines du Nord. Les *R. cinnamomeæ* et *R. acicularis* sont de montagne ou des plaines du Nord.

Il me paraît fort intéressant de rechercher si les premiers représentants de la seconde branche de dérivation végétaient en plaine ou sur les montagnes. Les hypothèses des floristes sont assez partagées, mais il semble que la majorité croit à une origine montagnarde. Il n'est guère possible de trancher cette question, malgré mes nombreux documents, en présence des influences variables de l'altitude sur les diverses espèces. Si, comme l'a établi M. G. Bonnier, l'altitude produisait assez invariablement les mêmes modifications anatomiques, il n'y aurait qu'à comparer les *Cinnamomeæ* entre elles, puis à des espèces rigoureusement montagnardes des autres sections. Mais les espèces montagnardes voisines, ayant des caractères anatomiques peu comparables, ne sont pas rares.

Il est cependant un caractère remarquable, méconnu jusqu'à ce jour, qui m'autorise à assigner une origine montagnarde à ces premiers représentants. Ce caractère est tiré des dimensions superficielles des cellules épidermiques de la feuille. On a déjà vu précédemment qu'il avait une valeur spécifique de premier ordre. Ces cellules sont petites, rarement moyennes, chez les *Synstylæ* qui, pour la plupart, sont des espèces de plaine; elles sont également petites ou moyennes chez les *R. rugosa*, *Kamtschatica*, *blanda*, qui sont des plaines du Nord, tandis que la grande majorité des *Cinnamomeæ* montagnardes ont ces cellules grandes ou très grandes. Je donne cette remarque pour ce qu'elle vaut, sans avoir l'intention d'édifier sur elle une question généalogique très délicate.

Il est donc établi que les *Cinnamomeæ* constituent le point de départ de la seconde série de dérivation. Il n'est pas possible de leur substituer l'une quelconque des autres sec-

tions. Les *Caninæ* m'avaient tout d'abord frappé, et je croyais que c'étaient elles qui avaient inauguré le sous-genre. Mais j'ai abandonné cette hypothèse devant l'ensemble de leurs caractères anatomiques. Je n'ai jamais rencontré de groupe plus homogène à ce point de vue. Toutes les *Caninæ* sont intimement reliées entre elles, exprimant de la même manière leurs diverses adaptations et ne se fourvoyant jamais dans d'autres adaptations très spéciales.

Les *Pimpinellifoliæ* inaugurent la première branche issue des *Cinnamomeæ*. Leurs représentants, actuellement au nombre de trois, ont une autonomie spécifique indiscutable. Ils se rapprochent du groupe nodal secondaire par l'absence de fibres péridesmiques, l'existence possible de fibres libériennes dans la tige, l'épaisseur et la qualité du mésophylle et les dimensions des cellules épidermiques foliolaires.

Les *Pimpinellifoliæ* ont donné successivement naissance aux *Luteæ*, aux *Lævigatæ* et aux *Sericeæ* qui se relient anatomiquement les unes aux autres d'une manière insensible. Ces trois dernières sections n'ont pas de fibres mécaniques libériennes et, comme les *Pimpinellifoliæ*, elles peuvent être pourvues ou dépourvues de fibres péridesmiques. Les caractères tirés de la tige indiquent aussi leur rapprochement.

Ces quatre sections ont l'inflorescence 1-fl. et les bractées nulles. Leurs caractères distinctifs leur donnent néanmoins une autonomie suffisante pour qu'il ne soit pas possible de les réduire.

Les *Minutioliæ* et les *Microphyllæ* forment ensuite deux petites séries distinctes dérivées des *Cinnamomeæ*. Toutes deux possèdent des fibres libériennes dans la tige et ont les ovaires insérés au fond du réceptacle. La première section est plus proche des *Cinnamomeæ* que la seconde par l'ensemble de ses caractères anatomiques et aussi par l'inconstance des tissus mécaniques des nervures. Elles doivent être également très rapprochées des *Pimpinellifoliæ* à cause des fibres libériennes des ramuscules.

Les *Bracteatz* ont une autonomie spéciale au double point de vue anatomique et morphologique. Toutes ont des fibres périodermiques, les cellules de l'épiderme inférieur très petites et le liber de la tige dépourvu de fibres mécaniques.

Par la structure de leurs épidermes foliolaires, la disposition et le grand nombre de leurs stomates, la structure du parenchyme cortical de la tige, l'existence de bractées et leurs inflorescences pluriflores, les *Bracteatz* se rattachent directement aux *Cinnamomez* et s'isolent du groupe *Pimpinellifoliz*, ainsi que des autres séries de dérivation déjà étudiées.

Une nouvelle série, issue des *Cinnamomez*, est inaugurée par les *Carolinz* qui sont localisées exclusivement sur le continent américain. Les plantes de cette section se confondent avec celles du groupe nodal secondaire par l'ensemble de leurs caractères anatomiques et morphologiques.

La grande section des *Caninz* (incl. *Stylosz* et *Gallicz*) dérive directement des *Cinnamomez*, dont elle possède tous les caractères anatomiques exprimés au plus haut degré. Chez elle, les fibres libériennes et périodermiques existent presque en permanence, les cellules épidermiques et les stomates ont des dimensions constantes. La structure de la tige et les dimensions relatives de ses éléments constitutifs répondent à un type unique. L'homogénéité anatomique la plus parfaite est une caractéristique saillante de la section, dont les espèces, avec leurs nombreux micromorphes, constituent en quelque sorte de véritables espèces collectives avec variations parallèles.

La section *Caninz* se reconnaît immédiatement parmi toutes les autres ; elle n'est susceptible d'aucun démembrement anatomique en groupes *naturels* de dignité inférieure. Toutes relations gardées, elle est la plus riche au point de vue du nombre de représentants, mais elle est aussi la plus pauvre en espèces réelles.

Il y a lieu de marquer d'un signe spécial les sous-sections *Elymaiticz* et *Gallicz*, cette dernière surtout, dont on pour-

rait très bien faire une section distincte en ne considérant que les données morphologiques.

Les *Elymaiticæ* forment une petite série dérivée des *Caninæ* et s'en distinguent nettement par les petites dimensions des cellules épidermiques foliaires.

La lignée de dérivation des *Gallicæ* n'est expliquée que par les caractères morphologiques fournis principalement par les folioles moyennes qui sont 5-fol. au lieu de 7-9-fol., et par l'inflorescence qui est 1-fl. ou rarement pluriflore. Le savant rhodologue belge, M. Crépin, a peut-être eu raison de créer cette section que l'anatomie ne me permettait pas de maintenir.

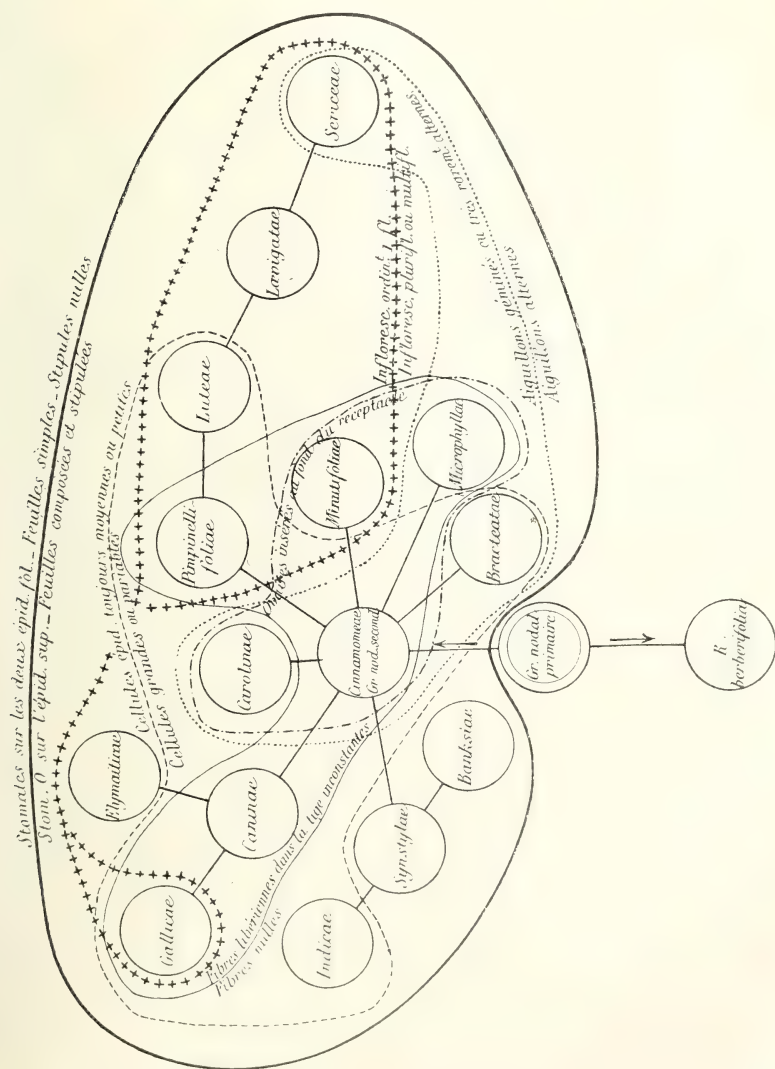
Les relations qu'ont entre elles les *Caninæ* et les *Synstylæ* sont plus apparentes que réelles. Il serait imprudent, à mon avis, de considérer ces dernières comme issues des premières auxquelles elles seraient rattachées par la sous-section *Stylosæ*. L'exsertion des styles chez les *Stylosæ* s'est effectuée sous l'influence de besoins physiologiques assurément identiques à ceux qu'ont éprouvés les *Synstylæ*, mais les caractères anatomiques de ces dernières sont trop différents de ceux qui distinguent les *Stylosæ* pour qu'il soit possible de les réunir dans la même branche de dérivation.

L'anatomie m'autorise à considérer les *Synstylæ* comme descendant en ligne directe des *Cinnamomæ*. Les données internes, tirées de la feuille et de la tige, les rapprochent beaucoup plus, en effet, des *Cinnamomæ* que de toute autre section. Il ne reste donc que la morphologie, très expressive, d'ailleurs, pour différencier cette section dérivée.

Les *Banksiæ* et les *Indicæ* sont deux petites sections très rapprochées des *Synstylæ* par les épidermes foliaires et la structure des nervures. De même que les *Synstylæ*, elles ont la tige sarmenteuse, les inflorescences pluriflores ou multiflores, les aiguillons crochus, les feuilles moyennes 5-7-fol. De plus, les *Indicæ* ont des styles saillants, s'élevant environ vers le milieu des filets staminaux. Les raisons qui m'ont amené à considérer les *Indicæ* et les *Banksiæ* comme prove-

nant des *Synstylæ* méritent donc d'être prises en considération.

Le graphique suivant permettra de saisir plus facilement les rapports d'affinité qu'ont entre elles les diverses sections :



QUATRIÈME PARTIE

CHAPITRE VIII

DESCRIPTION ANATOMIQUE DES ESPÈCES PROPREMENT DITES ET DES ESPÈCES MORPHOLOGIQUES (1).

A. Sous-genre EXSTIPULÆ

1. *Rosa berberifolia* Pall.

a. *Feuille*. — Poils (2) courts, simples, 1-cell. à parois épaisses, peu abondants, se rencontrent surtout à la face inférieure de la nervure médiane. Poils glandulifères nuls. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 40-50 μ , à cellules très inégales ; épiderme inférieur recticurviligne, d'une épaisseur de 30-42 μ , à cellules très inégales ; cuticules épaisses. Stomates sur les deux épidermes de la feuille, d'une longueur de 35-36 μ , plus grands que les cellules environnantes, ordinairement inclus. Cristaux prismatiques, abondants surtout sous les épidermes des nervures. Mésophylle centrique, d'une épaisseur moyenne de 130 μ , comprenant 5-6 assises cellulaires. Nervures secondaire et médiane à faisceau libéro-ligneux simple, non immergé, pourvu à sa partie libérienne d'un arc mécanique, excepté dans les échantillons cultivés.

b. *Tige*. — Épiderme exfolié dès la seconde année, remplacé par un périderme puissant et mou. Parenchyme cortical à cellules écrasées et irrégulières, à parois épaisses. Ilots mécaniques péricycliques (3). Liber non cristalligène et sans fibres, composé de bandes tangentielles à parois épaisses alternant irrégulièrement avec d'autres bandes minces. *Plan ligneux du bois secondaire* : parenchymeligneux nul ; fibres disposées en files rayonnantes, vaisseaux petits, à ponctuations finement aréolées, disposés sans ordre apparent dans toute

(1) Les diagnoses anatomiques devront, à l'avenir, figurer à la suite des diagnosés morphologiques.

(2) La répartition et la quantité des poils ont une faible valeur en classification. Si j'en fais mention, c'est simplement pour attirer l'attention du lecteur sur leur existence.

(3) Ces ilots ont été surtout formés par le liber primaire.

l'épaisseur des plages ligneuses. Rayons médullaires de deux sortes, les uns larges formés par 2-3 rangées de cellules; les autres simples inégalement espacés et de longueur variable. Moelle à cellules petites, à parois de moyenne épaisseur. Cellules tannifères non différenciées.

B. Sous-genre *STIPULÆ*

SECTION I. — *SYNSTYLÆ*

1. *R. microcarpa* Lindl.

a. *Feuille*. — Poils courts, simples, 4-cellulaires, à parois épaisses et à contenu incolore, nuls sur la feuille et la tige, rares sur le pédoncule floral. Poils glandulifères nuls, cristaux prismatiques très nombreux sous les épidermes des nervures, moins abondants dans le parenchyme cortical des nervures, du pétiole terminal et de la tige. Oursins et sphérîtes dans le pétiole (base), la moelle de la tige et du pédoncule floral. Épidermes foliaires recticurvilignes à cellules très petites, le supérieur d'une épaisseur de 25-26 μ , l'inférieur de 12-13 μ ; cuticule supérieure épaisse, l'inférieure mince ou de moyenne épaisseur. Stomates très nombreux, d'une longueur maximum de 26 μ , plus grands que les cellules environnantes et s'ouvrant au niveau épidermique. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 86 μ , comprenant 5-7 assises de cellules, les deux supérieures transformées en palissades remplissant la moitié du mésophylle; parenchyme spongieux lacuneux. Faisceau libéro-ligneux des nervures non immergé, celui de la nervure médiane renforcé extérieurement d'un arc mécanique. Parenchyme cortical du pétiole terminal à parois de moyenne épaisseur.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse; périderme non développé sur les axes de deux ans, parenchyme cortical composé de 10-12 assises de cellules, les 2-3 externes collenchymateuses. Ilots mécaniques péri-cycliques puissants (1). Parenchyme ligneux nul; fibres ligneuses en séries rayonnantes, à ponctuations finement aréolées. Vaisseaux ligneux abondants, de calibre moyen, répartis sans ordre apparent dans toute l'épaisseur du cylindre central. Rayons médullaires de deux sortes: les uns larges (2-3 assises de cellules), et primaires, les autres 1-sériés d'inégale longueur (2). Moelle à cellules petites, à

(1) Ces ilots mécaniques sont constitués par le liber primaire et les assises du péri-cyclique qui leur sont adjacentes.

(2) Le plan ligneux du bois secondaire étant le même pour tous les représentants du genre, je n'en reparlerai plus dans la suite.

vaisseaux tannifères bien différenciés, de petit calibre et plus ou moins anastomosés sur leur longueur.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme sous-épidermique peu épais (2 assises), en couronne discontinue; faisceaux libéro-ligneux plus ou moins fusionnés ou distincts, renforcés extérieurement d'un faisceau de prosenchyme. Moelle à cellules petites.

R. colletti Crép.

a. *Feuille*. — Poils simples nuls sur le limbe, assez communs sur le pétiole terminal et le pédoncule floral. Poils glandulifères nuls. Épidermes à cellules très petites, recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 30 μ ; l'inférieur, de 15 μ . Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 120 μ , comprenant 7-9 assises de cellules, les deux supérieures transformées en palissades et remplissant environ la moitié du mésophylle. Parenchyme spongieux peu lacuneux. Mêmes caractères dans les nervures et le pétiole que pour *R. microcarpa*.

b. *Tige*. — Identique.

c. *Pédoncule floral*. — Identique.

R. multiflora Thunb.

a. *Feuille*. — Poils simples nombreux ou très rares sur le limbe. Poils glandulifères nuls. Épidermes à cellules petites et à cuticule supérieure de moyenne épaisseur. Stomates d'une longueur de 28-30 μ , plus petits que les cellules environnantes ou égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 80-130 μ , comprenant 5-7 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades et remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures, non immergés, et renforcés extérieurement d'un arc mécanique, excepté quelquefois chez les individus cultivés.

b. *Tige*. — Périoderme non développé sur les axes de deux ans. Parenchyme cortical, y compris le collenchyme, composé de 13-15 assises cellulaires, très cristalligène. Moelle à cellules petites.

c. *Pédoncule floral*. — Comme chez *R. microcarpa*.

R. luciae Franch. et Rocheb.

a. *Feuille*. — Poils simples et glandulifères nuls (1). Cristaux nombreux partout. Épidermes recticurvilignes, le supérieur à cellules grandes ou moyennes, d'une épaisseur de 30 μ ; l'inférieur à cellules

(1) Je ne tiens pas compte ici des stipules qui peuvent avoir des poils glandulifères, tout au moins sur les bords. Je n'envisage que le pétiole dépourvu de cet organe et les folioles.

moyennes ou petites et d'une épaisseur de 10-16 μ . Stomates d'une longueur de 28-30 μ , plus petits que les cellules voisines ou égaux à elles, groupés en plages. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 73 μ , comprenant 5-6 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale ; parenchyme spongieux très lacuneux. Mêmes caractères pour le reste que dans *R. microcarpa*.

b. *Tige*. — Identique.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en couronne continue à cellules larges et sur deux assises. Moelle à cellules petites.

2. *R. tunquinensis* Crép.

a. *Feuille*. — Poils simples, très nombreux sur les deux épidermes et le pédoncule floral. Poils glandulifères nuls. Épidermes à cellules très petites, recticurvilignes ; le supérieur épais de 23 μ ; l'inférieur, de 13 μ . Stomates très nombreux, d'une longueur maximum de 26 μ , plus grands ou plus petits que les cellules épidermiques, très nombreux. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur moyenne de 83 μ , comprenant 6-7 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades et remplissant la moitié de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux peu lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole terminal renforcés extérieurement d'un arc mécanique.

b. *Tige*. — Cuticule de moyenne épaisseur ; collenchyme en massifs distincts, parenchyme cortical comprenant environ 10 assises de cellules ordinairement petites et cristalligènes. Bois de l'année peu vasculaire ; rayons médullaires simples très rapprochés ; périoderme non développé ; moelle à cellules de dimensions moyennes.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en massifs inégaux. Moelle à cellules petites.

3. *Rosa anemonæflora* Fort.

a. *Feuille*. — Poils simples et poils glandulifères nuls. Cristaux très nombreux ; types mélangés. Épiderme supérieur, recticurviligne, à cellules moyennes, d'une épaisseur de 30 μ ; l'inférieur, recticurviligne, à cellules grandes, d'une épaisseur de 17 μ . Stomates d'une longueur de 36-38 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes, très nombreux. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur moyenne de 133 μ , comprenant 7-8 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades et remplissant la 1/2 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux très lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole terminal munis de fibres périodermiques.

b. *Tige*. — Cuticule de moyenne épaisseur. Collenchyme en couronne presque continue. Périclerme non développé dans les axes de deux ans. Parenchyme cortical formé par 13 assises de cellules plus ou moins ovales et peu allongées dans la moitié interne. Moelle à cellules de dimensions moyennes.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en couronne plus ou moins discontinue, composé de deux assises de cellules. Faisceaux libéro-ligneux au nombre de 19 environ. Moelle à cellules très inégales, ordinairement de dimensions moyennes.

R. Wichuraiana Crép.

a. *Feuille*. — Poils simples nuls. Poils glandulifères très rares sur le pétiole terminal. Épidermes recticurvilignes, à cellules moyennes, le supérieur d'une épaisseur de 40 μ , l'inférieur de 16-30 μ ; cuticules épaisses. Stomates d'une longueur maximum de 36 μ , très nombreux, plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur moyenne de 106 μ , comprenant 5-6 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant la 1/2 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux très lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole munis d'épaisses fibres périclémiques. Pétiole renfermant, à sa base, ordinairement 5 faisceaux libéro-ligneux disposés en arc.

b. *Tige*. — Cuticule de moyenne épaisseur; collenchyme en massifs distincts, à cellules 2-4 fois plus longues que leurs voisines chlorophylliennes (coupe radiale); parenchyme cortical constitué par 12-13 assises de cellules cristalligènes. Bois peu vasculaire. Périclerme non développé sur les axes de l'année. Moelle à cellules petites ou moyennes.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme sur 2-3 assises, en massifs très inégaux, 15-17 faisceaux fibro-vasculaires. Moelle à cellules très inégales, petites, moyennes ou grandes.

4. *R. Watsoniana* Crép.

a. *Feuille*. — Poils simples, longs, communs sur les deux épidermes. Poils glandulifères paraissant nuls. Épiderme supérieur recticurviligne, à cellules moyennes, d'une épaisseur de 18-22 μ et à cuticule mince. Épiderme inférieur recticurviligne ou subonduleux, à cellules moyennes ou petites, d'une épaisseur de 13-16 μ et à cuticule mince. Stomates assez nombreux, d'une longueur maximum de 29-30 μ , plus petits que les cellules environnantes ou égaux à elles. Mésophylle centrique, d'une épaisseur moyenne de 90-116 μ ,

comprenant 4-5 assises de cellules toutes transformées en palissades ; cellules des deux assises supérieures 1-2 fois plus longues que les autres et compactes. Lacunes dans la moitié inférieure. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiolule à périodes mince ou de faible épaisseur.

b. *Tige*. — Cuticule presque mince. Périoderme non développé dans les rameaux de l'année ; collenchyme en massifs très saillants intérieurement. Parenchyme cortical cristalligène ainsi que la partie libérienne des rayons médullaires. Moelle à cellules petites. Bois à vaisseaux nombreux et très étroits.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en couronne plus ou moins continue ou en massifs inégaux. Faisceaux libéro-ligneux au nombre de 14-16, pourvus ou dépourvus de fibres mécaniques péricycliques. Moelle à cellules petites ou moyennes.

5. *R. setigera* Mich.

a. *Feuille*. — Poils simples, longs, abondants sur l'épiderme inférieur, rares ou nuls à la face supérieure de la nervure médiane. Poils glandulifères sur les ailes du pétiolule. — Épidermes recticurvilignes, à cellules ordinairement moyennes, rarement petites ou grandes, le supérieur d'une épaisseur de 20-29 μ , l'inférieur de 15-17 μ . Cuticules minces. Stomates d'une longueur maximum de 33-36 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 90-100 μ , comprenant 5-6 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux très lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiolule renforcés extérieurement d'un arc mécanique.

b. *Tige*. — Cuticule ordinairement très épaisse. Collenchyme en massifs très saillants intérieurement ; parenchyme cortical composé de 14-18 assises de cellules 3-4 fois plus longues que larges tangentiellement, cristalligène. Moelle à cellules grandes. Périoderme non développé sur les rameaux de l'année.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en massifs inégaux, 17-19 faisceaux libéro-ligneux. Moelle à cellules de dimensions moyennes.

6. *R. phœnicia* Boiss.

a. *Feuille*. — Poils simples, longs, parois épaisses, nombreux sur l'épiderme inférieur, assez communs sur le supérieur. Poils glandulifères nuls. Épidermes recticurvilignes, le supérieur, d'une épaisseur de 20 μ , à cellules moyennes ou petites ; l'inférieur, d'une épaisseur de 16 μ et à cellules petites. Cuticules minces. Stomates

d'une longueur maximum de 30 μ , plus grands que les cellules environnantes ou au moins égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur moyenne de 136 μ , comprenant 7-8 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures pourvus de fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Cuticule de moyenne épaisseur. Collenchyme en massifs saillants intérieurement et plus ou moins soudés entre eux par les deux assises périphériques. Périoderme non développé sur les rameaux d'un an. Parenchyme cortical composé de 13-14 assises de petites cellules 2-3 fois plus longues que larges tangentiellement. Liber puissant. Moelle à cellules de dimensions moyennes.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en massifs très inégaux et plus ou moins soudés entre eux. Faisceaux libéro-ligneux au nombre de 17-19. Moelle à cellules de dimensions moyennes.

7. *R. moschata* Herrn.

a. *Feuille*. — Poils simples, assez communs sur les deux épidermes. Poils glandulifères ordinairement nuls ou très rares sur le rachis médian. Épidermes recticurvilignes, le supérieur à cellules moyennes ou petites, d'une épaisseur de 26-30 μ ; l'inférieur à cellules petites, rarement moyennes, d'une épaisseur de 15-20 μ . Stomates nombreux, d'une longueur maximum de 30 μ , plus grands que les cellules environnantes ou au moins égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 80-110 μ , comprenant 6-8 assises de cellules, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux peu lacuneux à cellules très petites 1-3 fois plus longues que larges et couchées assez régulièrement dans le sens des épidermes. Faisceaux libéro-ligneux des nervures avec ou sans fibres mécaniques extra-libériennes. Pétiole toujours pourvu de ces fibres.

b. *Tige*. — Cuticule épaisse. Périoderme non développé sur les rameaux d'un an. Parenchyme cortical puissant, formé par 16-18 assises de cellules très allongées tangentiellement. Moelle à cellules très variables, ordinairement grandes, assez rarement petites ou moyennes.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en massifs inégaux et plus ou moins soudés entre eux. Moelle à cellules petites.

CARACTÈRES PARTICULIERS DES VARIÉTÉS DU *R. moschata*.

α . var. *ruscinonensis* Déségl. Épiderme inférieur subonduleux et à cellules grandes. Stomates d'une longueur de 32 μ , plus petits que

les cellules environnantes. Fibres péridermiques dans toutes les nervures. Moelle de la tige à cellules moyennes ou grandes.

β. var. *abyssinica* R. Br. Épidermes à cellules moyennes, le supérieur d'une épaisseur de 30 μ , l'inférieur de 16 μ . Stomates d'une longueur maximum de 36 μ , plus grands que les cellules environnantes. Cellules du parenchyme spongieux aussi petites que celles de l'espèce type. Cellules médullaires du pédoncule floral grandes.

γ. var. *longicuspis* Bast. Épidermes recticurvilignes, le supérieur à cellules moyennes ou petites, d'une épaisseur de 38 μ ; l'inférieur à cellules petites et d'une épaisseur de 22 μ . Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 143 μ ; cellules du parenchyme spongieux ovales ou isodiamétriques et souvent dressées. Cellules médullaires de la tige grandes; celles du pédoncule floral petites.

δ. var. *Leschenaultiana* Wight et Arn. Épidermes recticurvilignes, à cellules petites; stomates très gros, d'une longueur de 36 μ , plus grands que les cellules voisines. Mésophylle d'une épaisseur de 93 μ ; cellules du parenchyme spongieux, petites, ovales et couchées. Moelle de la tige à cellules grandes, et du pédoncule floral à cellules petites.

R. soulieana Crép.

a. *Feuille*. — Poils simples et poils glandulifères nuls. Épidermes recticurvilignes, le supérieur à cellules très petites, d'une épaisseur de 23 μ ; l'inférieur à cellules petites, d'une épaisseur de 16 μ . Stomates très nombreux, d'une longueur maximum de 33 μ , plus grands que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur moyenne de 110 μ , comprenant 6-7 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades très longues et remplissant 1-2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux peu lacuneux, à cellules petites, ovales ou isodiamétriques. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole pourvus de fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Moelle de la tige à cellules moyennes.

8. *R. arvensis* Huds.

a. *Feuille*. — Poils simples assez communs à la face inférieure des nervures, rares ou nuls à la face supérieure de la nervure médiane. Poils glandulifères nuls. Épiderme supérieur recticurviligne ou subonduleux, à cellules grandes ou très petites, d'une épaisseur de 21 μ ; épiderme inférieur recticurviligne ou onduleux, d'une épaisseur de 13-14 μ , à cellules moyennes ou grandes. Stomates très inégaux, d'une longueur oscillant entre 26 et 33 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une

épaisseur de 100-123 μ , comprenant 5-6 assises de cellules, les 2-3 supérieures transformées en palissades, remplissant environ la $\frac{1}{2}$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux très lacuneux, à cellules 2-3 fois plus longues que larges et irrégulièrement disposées. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole pourvus de fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Cuticule épaisse. Périderme non développé sur des rameaux de deux ans. Collenchyme en massifs puissants et très sailants intérieurement. Parenchyme cortical composé de 14-16 assises de cellules 2-3 fois plus longues que larges. Moelle à cellules grandes ou moyennes.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en massifs ordinairement petits. Moelle à cellules très grandes.

R. sempervirens L.

a. *Feuille*. — Poils simples et poils glandulifères nuls. Épiderme supérieur recticurviligne, à cellules grandes ou moyennes; épiderme inférieur recticurviligne ou subonduleux, d'une épaisseur de 12-18 μ , à cellules grandes ou moyennes. Stomates d'une longueur de 30-32 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 88-110 μ , composé de 5-7 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades et remplissant la $\frac{1}{2}$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux, à cellules 1-3 fois plus longues que larges et diversement orientées. Faisceaux libéro-ligneux des nervures munis de fibres péridermiques à parois épaisses.

b. *Tige*. — Moelle à cellules grandes ou moyennes.

Var. *microphylla* D. C. — Épiderme supérieur paraissant double, d'une épaisseur de 38 μ , à cellules de dimensions moyennes; cuticule épaisse. Épiderme inférieur d'une épaisseur de 16 μ , à cellules moyennes ou petites. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 133 μ . Moelle de la tige à cellules grandes ou moyennes.

SECTION II. — INDICÆ

9. *R. indica* L.

a. *Feuille*. — Poils simples et poils glandulifères nuls. Épidermes recticurvilignes, à cellules moyennes ou petites, le supérieur d'une épaisseur de 38-44 μ , l'inférieur de 20-24 μ . Stomates très nombreux, d'une longueur maximum de 33-36 μ , plus grands que les cellules environnantes ou au moins égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 80-133 μ , composé de 6-8 assises, les 2 supérieures

transformées en longues palissades, remplissant $1/2-2/3$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux, à cellules épaisses, 1-2 fois plus longues que larges et dirigées horizontalement. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole munis de fibres péridermiques épaisses, excepté dans les échantillons cultivés.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse; collenchyme en massifs sailants intérieurement; parenchyme cortical composé de 12-14 assises de cellules 3-4 fois plus longues que larges dans sa moitié profonde. Moelle à cellules petites (échantillons spontanés) ou grandes (cultures).

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en couronne continue (échantillons spontanés) ou en massifs très inégaux (cultures). Moelle à cellules grandes.

10. *R. gigantea* Coll.

a. *Feuille*. — Poils nuls. Épidermes recticurvilignes, à cellules grandes ou moyennes, le supérieur épais de 30 μ , l'inférieur de 18-20 μ . Stomates d'une longueur de 35 μ , plus grands que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 110 μ , composé de 6-7 assises de cellules, les 2 supérieures transformées en palissades et remplissant la $1/2$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux très lacuneux, à cellules ordinairement petites, ovales et diversement orientées. Faisceaux libéro-ligneux de la nervure secondaire et du pétiole pourvus de fibres péridermiques; celui de la nervure médiane à périderme mince.

b. *Tige*. — Moelle de la tige à cellules de dimensions moyennes. Collenchyme en couronne continue.

SECTION III. — BANKSIÆ

11. *R. Banksiæ* R. Br.

a. *Feuille*. — Poils simples nuls sur le limbe, assez communs sur le rachis médian. Poils glandulifères courts à la face supérieure du pétiole. Épiderme supérieur à cellules moyennes, recticurvilignes, d'une épaisseur de 18-28 μ ; épiderme inférieur recticurviligne ou subonduleux, d'une épaisseur de 13-14 μ , à cellules petites ou moyennes. Stomates nombreux, d'une longueur de 23-24 μ , plus grands que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 63-73 μ , composé de 5-6 assises, les deux supérieures transformées en palissades et remplissant la $1/2$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux non lacuneux, à cellules régulièrement disposées en assises horizontales. Faisceaux libéro-ligneux des nervures dépourvus de fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Cuticule de moyenne épaisseur ; massifs collenchymateux ordinairement petits et peu saillants intérieurement ; parenchyme cortical composé de 13-14 assises de cellules, cristalligène ainsi que la portion libérienne des rayons médullaires. Moelle à cellules de dimensions moyennes.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en couronne presque continue. 16-18 faisceaux libéro-ligneux renforcés extérieurement ou non de fibres mécaniques. Moelle à cellules petites.

SECTION IV. — CANINÆ

SUBSECTION. — *Eucaninae*.

12. *R. canina* L.

a. *Feuille*. — Poils simples nuls ou très rares (*R. dumalis*), ou communs (*pubescentes*). Poils glandulifères sur la nervure médiane (face inférieure) et le rachis médian (*R. verticillacantha*, *R. scabrata*, *R. Blondeana*), rares (*R. dumalis*, *R. andegavensis*, *R. Deseglisei*) ou nuls (*R. lutetiana*, *R. dumetorum*). Épidermes recticurvilignes, l'inférieur parfois subonduleux ou onduleux (*R. lutetiana*, *R. Deseglisei*) ; épiderme supérieur d'une épaisseur de 21-30 μ , à cellules très grandes ou grandes, rarement moyennes (*R. dumetorum*) ; épiderme inférieur d'une épaisseur de 14-17 μ , à cellules grandes ou moyennes. Stomates d'une longueur de 33-41 μ , plus grands que les cellules environnantes, rarement au moins égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 82-150 μ , composé de 6-8 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole possédant un arc de fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse, collenchyme en massifs saillants intérieurement ; parenchyme cortical composé de 16-20 assises de cellules allongées tangentiellement, 2-4 fois plus longues que larges. Bois très vasculaire, à vaisseaux de large calibre. Moelle ordinairement à cellules grandes, rarement moyennes et petites. Fibres libériennes dans la 1/2 externe du liber, ou nulles. Périderme souvent développé dans les rameaux de deux ans.

R. Pouzini Tratt.

a. *Feuille*. — Poils simples nuls. Poils glandulifères sur le rachis médian. Cellules épidermiques grandes ou moyennes, épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 24-32 μ ; épiderme infé-

rieur recticurviligne ou subonduleux, d'une épaisseur de 15-16 μ . Stomates d'une longueur maximum de 33-34 μ , plus petits ou plus grands que les cellules voisines. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 98-126 μ , composé de 5-7 assises, les deux supérieures transformées en palissades 7-8 fois plus longues que larges et remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Fibres péridermiques dans la nervure secondaire; minces ou d'épaisseur moyenne dans la nervure médiane et le pétiole terminal.

b. *Tige*. — Périderme développé dès la seconde année. Collenchyme en massifs très saillants intérieurement. Parenchyme cortical comprenant 15-21 assises de cellules très allongées tangentiellement dans sa moitié interne. Fibres libériennes inconstantes. Bois très vasculaire. Moelle à cellules grandes ou moyennes.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en massifs très inégaux. Moelle à cellules moyennes, parfois petites.

R. glauca Vill.

a. *Feuille*. — Poils simples et poils glandulifères nuls. Épidermes recticurvilignes, à cellules grandes et à cuticules peu épaisses; le supérieur épais de 30 μ , l'inférieur de 16 μ . Stomates ovales, d'une longueur de 36 μ , plus grands que les cellules environnantes ou au moins égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 100-106, composé de 5-7 assises, les deux supérieures transformées en longues palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux à cellules épaisses, 1-2 fois plus longues que larges et ordinairement disposées horizontalement. Nervure médiane et pétiole munis de fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Moelle à cellules de dimensions moyennes.

c. *Pédoncule*. — Moelle à cellules grandes.

R. Chavini Rap.

a. *Feuille*. — Poils simples nuls ou rares à la face supérieure de la base du pétiole. Poils glandulifères nuls ou assez rares sur le pétiole. Épidermes recticurvilignes, le supérieur à cellules grandes, d'une épaisseur de 23-24 μ ; l'inférieur à cellules grandes, rarement moyennes, d'une épaisseur de 16-20 μ . Stomates d'une longueur de 33-34 μ , plus grands que les cellules environnantes ou au moins égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 108-113 μ , composé de 6-7 assises, les 2 supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Fibres péridermiques à l'extérieur des faisceaux des nervures et du pétiole.

b. *Tige*. — Fibres libériennes dans la 1/2 externe du liber. Moelle à cellules grandes ou moyennes.

c. *Pédoncule floral*. — Moelle à cellules grandes ou très grandes.

R. uriensis Lag. et Pug.

a. *Feuille*. — Poils simples communs sur l'épiderme inférieur, assez communs ou nuls sur l'épiderme supérieur. Poils glandulifères sur l'épiderme inférieur et le rachis médian. Épiderme supérieur recticurviligne à cellules grandes ou très grandes, d'une épaisseur de 18-26 μ . Épiderme inférieur à cellules grandes, recticurvilignes ou subonduleuses, d'une épaisseur de 13-18 μ . Stomates d'une longueur de 30-35 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 80-136 μ , composé de 5-6 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux ordinairement lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole pourvus ou dépourvus de fibres périodermiques.

b. *Tige*. — Fibres mécaniques rarement nuls dans la moitié externe du liber. Moelle à cellules moyennes, rarement grandes ou petites.

c. *Pédoncule floral*. — Moelle à cellules grandes, assez rarement moyennes.

R. coriifolia Fries.

a. *Feuille*. — Poils simples sur les deux épidermes. Poils glandulifères nuls. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 23-31 μ , à cellules grandes ou très grandes. Épiderme inférieur recticurviligne ou subonduleux, d'une épaisseur de 15-19 μ , à cellules grandes. Stomates d'une longueur de 30-36 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 123-146 μ , rarement de 90 μ (variété), comprenant 5-7 assises de cellules, les 2 supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole munis de fibres périodermiques; celles-ci rarement nuls ou à parois minces.

b. *Tige*. — Fibres libériennes inconstantes. Moelle à cellules moyennes ou grandes, assez rarement petites.

c. *Pédoncule floral*. — Moelle à cellules grandes ou très grandes.

R. montana Chaix.

a. *Feuille*. — Poils simples nuls ou rares sur le rachis médian et

le pétiole terminal. Poils glandulifères rares à la face inférieure des nervures, assez communs sur le pétiole et le rachis. Stomates d'une longueur de 30-40 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 24-30 μ , à cellules grandes ou très grandes. Épiderme inférieur recticurviligne ou subonduleux, d'une épaisseur de 16-20 μ , à cellules grandes ou très grandes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 110-170 μ , composé de 5-8 assises de cellules, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant $1/2-2/3$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Fibres péridermiques en dehors des faisceaux des nervures et du pétiole, ou nulles.

b. *Tige*. — Fibres mécaniques libériennes souvent nulles. Moelle à cellules moyennes ou petites.

c. *Pédoncule floral*. — Moelle à cellules grandes.

13. *R. tomentella* Lim.

a. *Feuille*. — Poils simples, sur les deux épidermes. Poils glandulifères rares sur le pétiole ou nuls. Épiderme supérieur recticurviligne, à cellules grandes ou très grandes, d'une épaisseur de 18-30 μ , cuticule épaisse. Épiderme inférieur recticurviligne, parfois subonduleux, à cellules grandes, rarement moyennes, d'une épaisseur de 15-23 μ . Stomates d'une longueur de 33-38 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 123-130 μ , composé de 5-7 assises de cellules, les 2-3 supérieures transformées en palissades, remplissant $1/2-2/3$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole munis de fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Parenchyme cortical à cellules parfois très allongées tangentiellement et à parois de moyenne épaisseur. Périoderme développé dès la seconde année. Liber renfermant des fibres mécaniques dans sa moitié externe. Moelle à cellules grandes ou très grandes.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en massifs inégaux. Moelle à cellules grandes, rarement moyennes.

R. obtusifolia Desv.

a. *Feuille*. — Poils simples, longs, sur les deux épidermes. Poils glandulifères nuls. Épidermes recticurvilignes; le supérieur, d'une épaisseur de 30-33 μ et à cellules grandes ou très grandes; l'inférieur, d'une épaisseur de 18-20 μ , à cellules grandes. Stomates d'une longueur de 35-37 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, ordinairement très épais

(170-193 μ), rarement moins (96 μ) composé de 5-8 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant $1/2-2/3$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux peu ou très lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures munis de fibres péridermiques, ainsi que celui du pétiole, sauf dans les spécimens à mésophylle peu épais, où ces fibres manquent en dessus et ont les parois plus minces.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Collenchyme en massifs très saillants intérieurement. Parenchyme cortical à cellules très allongées tangentiellement dans sa moitié interne. Liber avec ou sans fibres mécaniques. Moelle à cellules très grandes ou grandes. Périoderme développé régulièrement à partir de la troisième année.

c. *Pédoncule floral*. — Moelle à cellules ordinairement grandes, rarement moyennes ou petites (échantillons à mésophylle le moins épais).

14. *R. abietina* Gren.

a. *Feuille*. — Poils simples, longs, à parois épaisses, communs sur l'épiderme inférieur, assez rares sur le supérieur. Poils glandulifères à la face inférieure des nervures et sur le pétiole. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 20-23 μ , à cellules grandes, rarement moyennes. Épiderme inférieur subonduleux, assez rarement recticurviligne, d'une épaisseur de 15-18 μ et à cellules grandes. Stomates d'une longueur de 33-38 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 74-110 μ , composé de 5-7 assises, les deux supérieures transformées en palissades et remplissant la $1/2$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Nervure secondaire pourvue de fibres mécaniques extra-libériennes. Faisceaux de la nervure médiane et du pétiole à fibres extralibériennes à parois minces ou de moyenne épaisseur.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Périoderme non ou très peu développé dans les rameaux de deux ans. Parenchyme cortical composé de 14-16 assises de cellules très allongées tangentiellement. Bois très vasculaire, à vaisseaux secondaires larges. Moelle à cellules grandes.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en massifs inégaux. Moelle à cellules grandes ou moyennes.

15. *R. rubrifolia* Vill.

a. *Feuille*. — Poils simples, nuls, excepté à la face inférieure des nervures et le rachis médian de la var. *Gaillardii* Crép. Poils glandu-

lifères ordinairement nuls ou très rares sur le pétiole. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 20-26 μ , à cellules grandes, rarement moyennes. Épiderme inférieur recticurviligne ou subonduleux à cellules grandes, rarement moyennes ou petites, d'une épaisseur de 15-16 μ . Stomates d'une longueur de 26-33 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 83-106 μ , composé de 5-6 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant les 2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux non ou peu lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole à fibres péridermiques assez épaisses ou très minces.

b. *Tige*. — Parenchyme cortical composé de 16-18 assises de cellules. Fibres mécaniques libériennes nulles. Moelle à cellules moyennes ou petites.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en massifs inégaux ou en couronne plus ou moins discontinue. Moelle à cellules moyennes ou petites.

Sous-section. — *Stylosæ*.

16. *R. stylosa* Desv.

a. *Feuille*. — Poils simples rares sur l'épiderme supérieur, ordinairement communs sur l'inférieur. Poils glandulifères nuls. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 26-33 μ , à cellules grandes ou très grandes. Épiderme inférieur recticurviligne ou subonduleux, d'une épaisseur de 16-20 μ , à cellules grandes, rarement moyennes. Stomates d'une longueur de 33-37 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 80-123 μ , composé de 5-7 assises, les 2 supérieures transformées en palissades et remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux, excepté dans var. *fastigiata* Bast. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole pourvus extérieurement de fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Périderme non développé sur les rameaux de trois ans. Parenchyme cortical à cellules parfois très allongées tangentiellement dans sa moitié interne. Liber avec ou sans fibres mécaniques. Bois secondaire à vaisseaux très larges. Moelle à cellules très grandes.

Sous-section. — *Rubiginosæ*.

17. *R. rubiginosa* L.

a. *Feuille*. — Poils simples sur les deux épidermes, communs

surtout sur l'inférieur. Poils glandulifères sur l'épiderme inférieur et le pétiole. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 21-26 μ , à cellules grandes. Épiderme inférieur recticurviligne ou subonduleux, d'une épaisseur de 15-16 μ , à cellules grandes ou moyennes. Stomates d'une longueur de 28-31 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 100-120 μ , composé de 5-6 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant $1/2-2/3$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiolule avec ou sans fibres mécaniques extralibériennes.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Périderme développé dans les rameaux de deux ans. Parenchyme cortical composé de 17-19 assises de cellules très allongées tangentiellement dans sa moitié interne. Liber sans fibres mécaniques, à parois épaisses. Bois secondaire très vasculaire, à vaisseaux peu larges. Moelle à cellules grandes ou très grandes.

c. *Tige*. — Moelle à cellules de dimensions moyennes.

R. micrantha Sm.

a. *Feuille*. — Poils simples sur les deux épidermes, surtout sur l'inférieur. Poils glandulifères sur la face inférieure des nervures et sur le pétiolule. Épidermes recticurvilignes; le supérieur à cellules grandes ou très grandes et d'une épaisseur de 26-28 μ ; l'inférieur à cellules grandes et d'une épaisseur de 16-21 μ . Stomates d'une longueur de 33-40 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 93 (*R. leucadia* H. Br.)-163 μ , composé de 5-7 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant $1/2-2/3$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiolule avec fibres périodermiques bien développées.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Périderme non développé dans les rameaux de deux ans. Bois très vasculaire. Liber dépourvu de fibres mécaniques. Moelle à cellules grandes.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en massifs inégaux. Moelle à cellules grandes, moyennes ou petites.

18. *R. sepium* Thuill.

a. *Feuille*. — Poils simples, longs, communs sur l'épiderme inférieur, assez rares sur le supérieur. Poils glandulifères sur l'épiderme inférieur et le rachis médian. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 23-28 μ , à cellules grandes. Épiderme inférieur

recticurviligne, rarement subonduleux, d'une épaisseur de 15-16 μ , à cellules grandes. Stomates d'une longueur de 33-36 μ , plus grands que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 116-146 μ , composé de 6-8 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux à cellules assez irrégulièrement disposées. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole pourvus de fibres périodermiques bien développées.

b. *Tige*. — Périoderme débutant à peine pendant la seconde année, et pouvant parfois s'enfoncer profondément dans le parenchyme cortical. Bois très vasculaire. Liber pourvu de fibres mécaniques dans sa moitié externe. Moelle à cellules grandes ou moyennes, parfois petites (var. *virgultorum*).

c. *Pédoncule floral*. — Moelle à cellules de dimensions très variables, grandes, moyennes ou petites.

R. graveolens Gren.

a. *Feuille*. — Poils simples sur les deux épidermes. Poils glandulifères à la face inférieure des nervures et sur le pétiole. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 21-29 μ , à cellules grandes. Épiderme inférieur recticurviligne ou subonduleux, d'une épaisseur de 14-18 μ , à cellules grandes. Stomates d'une longueur de 32-34 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 123-140 μ , composé de 5-7 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux, à cellules courtes, assez irrégulièrement disposées. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec ou sans fibres périodermiques bien développées.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Parenchyme cortical composé de 17-20 assises de cellules régulièrement orientées. Liber pourvu ordinairement de fibres mécaniques dans sa moitié externe. Moelle à cellules grandes ou moyennes.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en massifs inégaux. Moelle à cellules grandes ou moyennes.

19. *R. zalana* Wiesb.

a. *Feuille*. — Poils simples nuls sur l'épiderme supérieur, assez communs sur l'inférieur. Poils glandulifères sur l'épiderme inférieur et le pétiole. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 31-35 μ et à cellules grandes ; l'inférieur d'une épaisseur de 17-18 μ à cellules grandes. Stomates d'une longueur de 31-36 μ , plus

petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 140-176 μ , composé de 7-8 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades et remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole munis de fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Périclerme développé dès la seconde année. Moelle à cellules ordinairement moyennes.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en massifs très inégaux ou en couronne discontinue. Moelle à cellules grandes.

20. *R. Seraphini* Viv.

a. *Feuille*. — Poils simples ordinairement nuls ou très rares sur le pétiole. Poils glandulifères sur la face inférieure des nervures. Épiderme supérieur recticurviline d'une épaisseur de 28-32 μ , à cellules grandes ou moyennes. Épiderme inférieur recticurviline ou subonduleux, d'une épaisseur de 13 μ , à cellules grandes ou moyennes. Stomates d'une longueur de 34-35 μ , plus petits ou plus grands que les cellules environnantes, très nombreux. Mésophylle bifacial, parfois subcentrique d'une épaisseur de 103 μ , composé de 5-6 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme peu ou très lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec ou sans fibres péridermiques bien développées.

b. *Tige*. — Périclerme développé dès la seconde année. Bois très vasculaire, vaisseaux assez étroits. Moelle à cellules grandes.

c. *Pédoncule floral*. — Faisceaux libéro-ligneux dépourvus de fibres péricycliques. Moelle à cellules irrégulières et petites.

R. sicula Tratt.

a. *Feuille*. — Poils simples nuls (var. *setigera*) ou rares sur les deux épidermes. Poils glandulifères communs à la face inférieure des nervures et sur le pétiole. Épidermes recticurvignes, le supérieur d'une épaisseur de 24-35 μ , à cellules grandes, rarement moyennes ; l'inférieur d'une épaisseur de 15-16 μ , à cellules grandes ou moyennes. Stomates d'une longueur de 33 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 103-110 μ , composé de 5-6 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux peu ou très lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole à fibres péridermiques non ou très peu développées.

b. *Tige*. — Périclerme développé dans les rameaux de deux ans. Parenchyme cortical composé de 17-18 assises de cellules. Bois très vasculaire. Moelle à cellules grandes.

c. *Péduncule floral*. — Faisceaux libéro-ligneux pourvus de fibres péricycliques. Moelle à cellules de dimensions moyennes.

Sous-section. — *Villosæ*.

21. *R. pomifera* Herrn.

a. *Feuille*. — Poils simples, communs sur les deux épidermes, ou seulement sur le pétiole et les grosses nervures (var. *Murithii* Pug.). Poils glandulifères sur l'épiderme inférieur et sur le pétiole. Épiderme recticurviligne, d'une épaisseur de 18-23 μ , à cellules grandes ou moyennes, rarement très grandes. Épiderme inférieur recticurviligne ou subonduleux, d'une épaisseur de 15-18 μ , à cellules grandes ou moyennes, rarement petites. Stomates d'une longueur de 28-35 μ , plus grands que les cellules environnantes ou au moins égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 101-120 μ , composé de 5-7 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 du mésophylle non ou peu ou très lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures secondaire et médiane à fibres périclermiques nulles ou à parois de moyenne épaisseur. Faisceaux du pétiole à fibres périclermiques bien développées, excepté dans la var. *Murithii*.

b. *Tige*. — Parenchyme cortical d'épaisseur très inégale, comprenant 17-24 assises de cellules. Fibres libériennes nulles. Moelle à cellules très variables, grandes, moyennes ou petites. Périclerme développé dès la seconde année et pouvant s'enfoncer dans le parenchyme cortical. Bois très vasculaire.

c. *Péduncule floral*. — Moelle à cellules grandes ou moyennes.

R. mollis Sm.

a. *Feuille*. — Poils simples, très nombreux sur les deux épidermes, très longs et à parois épaisses. Poils glandulifères communs sur l'épiderme inférieur et sur le pétiole. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 21-25 μ , à cellules grandes ou moyennes, rarement très grandes. Épiderme inférieur recticurviligne ou subonduleux, d'une épaisseur de 15-16 μ , à cellules grandes ou moyennes. Stomates d'une longueur de 29-33 μ , plus petits ou plus grands que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 68-100 μ , composé de 5-6 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale.

Parenchyme spongieux peu ou pas lacuneux, à cellules 2-3 fois plus longues que larges et disposées en assises horizontales. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiolule à fibres péridermiques nulles ou à parois peu épaisses.

b. *Tige*. — Parenchyme cortical composé de 15-19 assises de cellules. Périoderme développé dès la seconde année. Liber dépourvu de fibres mécaniques, excepté dans quelques variétés (var. *arduenensis*). Bois très vasculaire, vaisseaux secondaires larges. Moelle à cellules grandes, moyennes ou petites.

c. *Pédoncule floral*. — Moelle à cellules grandes ou moyennes.

22. *R. Heckeliana* Tratt.

a. *Feuille*. — Poils simples très nombreux sur les deux épidermes. Poils glandulifères nuls. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 23 μ et à cellules grandes, l'inférieur d'une épaisseur de 15 μ et à cellules grandes ou moyennes. Stomates d'une longueur de 31 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial ou subcentrique, d'une épaisseur de 70 μ , composé de 4-5 assises de cellules, les deux supérieures transformées en palissades remplissant les 3/4 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux à cellules petites disposées irrégulièrement. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiolule munis de fibres péridermiques, souvent très irrégulières (c. transversale) dans la nervure médiane.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Périoderme ordinaire ou parfois double, l'un sous-épidermique, l'autre développé dans la moitié interne du parenchyme cortical. Bois très vasculaire. Moelle à cellules grandes ou moyennes.

23. *R. glutinosa* S. et Sm.

a. *Feuille*. — Poils simples communs, rares ou nuls sur les deux épidermes, communs ou rares sur le pétiole. Poils glandulifères communs sur l'épiderme supérieur (var. *leiocarpa* et *leioclada*) ou nuls, très nombreux sur l'épiderme inférieur. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 22-30 μ , à cellules grandes ou moyennes, rarement très grandes. Épiderme inférieur subonduleux, rarement onduleux ou recticurviligne, d'une épaisseur de 12-16 μ , à cellules grandes. Stomates d'une longueur de 28-38 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes, très nombreux. Mésophylle bifacial ou subcentrique, d'une épaisseur de 93-150 μ , composé de 5-7 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux

lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec ou sans fibres péridermiques, ces dernières pouvant être très irrégulières.

b. *Tige*. — Périderme rarement développé dans les rameaux de deux ans. Parenchyme cortical à cellules de dimensions très variables. Bois très vasculaire. Fibres libériennes nulles. Moelle à cellules grandes ou moyennes, rarement très grandes.

R. iberica Stev.

a. *Feuille*. — Poils simples assez rares ou très rares sur la feuille, plus communs sur le pétiole. Poils glandulifères sur les deux épidermes, mais assez rares sur le supérieur. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 28-30 μ , ou de 21-22 μ (var. *setigera*), à cellules grandes ou moyennes. Épiderme inférieur onduleux, rarement recticurviligne, d'une épaisseur de 15-18 μ , strié autour des stomates (var. *setigera*), à cellules très grandes, grandes ou moyennes. Stomates d'une longueur de 31-36 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial ou subcentrique, d'une épaisseur de 140 μ ou de 76 μ (var. *setigera*); composé de 5-8 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant $\frac{1}{2}$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux ou peu (var. *setigera*). Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec ou sans fibres péridermiques, celles-ci pouvant être irrégulières (c. transversale) dans la nervure médiane.

b. *Tige*. — Moelle à cellules petites ou moyennes.

24. *R. orientalis* Dup.

a. *Feuille*. — Poils simples très nombreux sur toute la feuille. Poils glandulifères nuls. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 26 μ à cellules grandes. Épiderme inférieur onduleux, d'une épaisseur de 15 μ , à cellules grandes. Stomates d'une longueur de 33 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle subcentrique, d'une épaisseur de 106 μ , composé de 5-6 assises, les deux supérieures transformées en palissades, remplissant $\frac{1}{2}$ - $\frac{2}{3}$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux très lacuneux, à cellules allongées et irrégulièrement disposées. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole munis de fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Périderme bien développé sur les rameaux de trois ans. Bois très vasculaire. Nombreuses fibres mécaniques dans la moitié externe du liber. Moelle à cellules petites.

SOUS-SECTION. — *Tomentosæ*.25. *R. tomentosa* Sm.

a. *Feuille*. — Poils simples très nombreux sur les deux épidermes. Poils glandulifères sur le rachis médian et le pétiole, rares sur l'épiderme inférieur (var. *Beloniana* Desp.). Épiderme supérieur recticurviligne d'une épaisseur de 18-22 μ , à cellules grandes, rarement moyennes. Épiderme inférieur recticurviligne ou subonduleux, d'une épaisseur de 16-20 μ , à cellules grandes, rarement moyennes. Stomates d'une longueur de 30-36 μ , plus grands que les cellules environnantes ou au moins égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 100-116 μ , parfois moins (quelques variétés), composé de 5-6 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux non, peu ou très lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec fibres péridermiques ou sans fibres (très minces), (quelques variétés, y compris var. *Beloniana*).

b. *Tige*. — Périderme ordinairement peu développé dans les rameaux de seconde année. Parenchyme cortical composé de 16-18 assises de cellules très allongées dans sa moitié interne. Liber avec ou sans fibres mécaniques. Bois très vasculaire. Moelle à cellules grandes, rarement moyennes ou petites.

c. *Pédoncule floral*. — Moelle à cellules grandes ou très grandes.

R. omissa Déségl.

a. *Feuille*. — Poils simples très nombreux sur les deux épidermes. Poils glandulifères nombreux sur l'épiderme inférieur. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 16-29 μ , à cellules grandes, rarement très grandes. Épiderme inférieur d'une épaisseur de 15-18 μ , à cellules grandes, rarement très grandes. Stomates d'une longueur de 30-38 μ , plus petits ou plus grands que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 85-110 μ , composé de 5-7 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux peu ou très lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec ou sans fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Parenchyme cortical composé de 15-17 assises de cellules très allongées tangentiellement dans sa moitié profonde. Liber avec ou sans fibres mécaniques. Bois très vasculaire. Moelle à cellules grandes, très grandes ou moyennes.

c. *Pédoncule floral*. — Moelle à cellules grandes ou très grandes, rarement moyennes.

SOUS-SECTION. — *Elymaiticæ*.

26. *R. elymaitica* Boiss. et Hausskn.

a. *Feuille*. — Poils simples, nombreux sur toute la feuille. Poils glandulifères nuls. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 21 μ , à cellules petites; l'inférieur d'une épaisseur de 16 μ , à cellules petites, rarement moyennes. Stomates d'une longueur de 30 μ plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle subcentrique, centrique en certains points, d'une épaisseur de 110 μ , composé de 5-6 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant les 2/3 de l'épaisseur totale. Lacunes dans le 1/3 inférieur. Nervures et pétiole pourvus d'un arc mécanique au pôle libérien des faisceaux.

b. *Tige*. — Épiderme exfolié sur les rameaux de trois ans. Périoderme continu et puissant. Parenchyme cortical à cellules allongées dans sa moitié interne, très cristalligène. Bois très vasculaire à larges vaisseaux. Moelle à cellules moyennes ou petites.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en couronne continue. Moelle à cellules moyennes.

SOUS-SECTION. — *Jundzilliæ*.

27. *R. Jundzilli* Bess.

a. *Feuille*. — Poils simples nombreux sur l'épiderme inférieur, rares sur le supérieur ou nuls. Poils glandulifères sur l'épiderme inférieur. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 26-30 μ , à cellules grandes ou très grandes; l'inférieur d'une épaisseur de 15-20 μ , à cellules grandes. Stomates d'une longueur de 34-38 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 103-116 μ , composé de 5-6 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux, à cellules allongées et disposées horizontalement. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec fibres péridermiques bien développées.

b. *Tige*. — Périoderme se développant tardivement (trois ou quatre ans). Parenchyme cortical composé de 16-18 assises de cellules. Liber avec ou sans fibres mécaniques. Bois très vasculaire. Moelle

à cellules grandes, rarement moyennes. (Incl. les var. *trachyphylla* et *Pugeti*.)

[SOUS-SECTION. — *Gallicæ*.

28. *R. gallica* L.

a. *Feuille*. — Poils simples ordinairement nombreux sur l'épiderme inférieur, très rares sur la face supérieure de la nervure médiane ou nuls. Poils glandulifères communs, rares ou nuls sur l'épiderme inférieur, ou seulement sur le pétiole. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 19-22 μ , à cellules très grandes, grandes (*R. alba*) ou moyennes. Épiderme inférieur recticurviligne ou subonduleux, d'une épaisseur de 13-16 μ , à cellules grandes ou moyennes. Stomates d'une longueur de 30-35 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 94-103 μ ou de 76 μ (*R. alba*), composé de 5-6 assises de cellules, les deux supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux ordinairement lacuneux, à cellules très allongées et disposées en assises horizontales. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiolule pourvus de fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Périderme apparaissant tardivement (3-4 ans). Parenchyme cortical composé de 16-18 assises de cellules très allongées dans sa moitié profonde. Liber avec ou sans fibres mécaniques. Bois très vasculaires. Moelle à cellules grandes ou moyennes.

SECTION V. — CAROLINÆ

29. *R. carolina* L.

a. *Feuille*. — Poils simples, assez nombreux sur les deux épidermes ou seulement sur l'inférieur ou nuls. Poils glandulifères nuls. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 20-25 μ , à cellules petites, très petites ou moyennes; l'inférieur d'une épaisseur de 13-15 μ , à cellules petites ou très petites, rarement moyennes. Stomates d'une longueur de 25-28 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 85-86 μ , composé de 5-7 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux peu ou pas lacuneux, à cellules petites et disposées en assises horizontales assez régulières. Faisceaux

libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec ou sans fibres péri-desmiques.

b. *Tige*. — Cuticule épaisse. Péricorde se développant dès la seconde année. Parenchyme cortical composé de 12-14 assises de cellules petites et peu allongées tangentiellement. Bois très vasculaire, vaisseaux secondaires ordinairement étroits. Moelle à cellules moyennes, rarement grandes ou petites.

30. *R. foliosa* Nutt.

a. *Feuille*. — Poils simples nuls. Poils glandulifères très rares sur la face inférieure de la nervure médiane et sur le pétiole. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 24 μ , à cellules petites; l'inférieur d'une épaisseur de 15-16 μ à cellules moyennes ou petites. Stomates d'une longueur de 26 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur moyenne de 93 μ , composé de 6 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant 1/2 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux non lacuneux, à cellules petites, isodiamétriques et disposées en assises horizontales régulières. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole dépourvus de fibres péri-desmiques; le pétiole seul peut en posséder quelques-unes.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Parenchyme cortical (15-16 assises) identique à celui de *R. carolina*. Moelle à cellules moyennes ou petites.

31. *R. lucida* Ehrh.

a. *Feuille*. — Poils simples très rares à la face inférieure des nervures et sur le pétiole ou nuls. Poils glandulifères nuls. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 28-30 μ , à cellules très grandes ou grandes, rarement moyennes; l'inférieur, d'une épaisseur de 13-16 μ , à cellules grandes, rarement moyennes. Stomates d'une longueur de 30-35 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 73-96 μ , composé de 5-6 assises, les deux supérieures remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux peu ou très lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec ou sans fibres péri-desmiques.

b. *Tige*. — Cuticule épaisse, péricorde commençant à se développer dans les rameaux de deux ans. Parenchyme cortical composé de 13-15 assises de cellules courtes et ovales. Moelle à cellules petites ou moyennes.

R. nitida Willd.

a. *Feuille*. — Poils simples nuls sur le limbe, assez rares sur le pétiole. Poils glandulifères nuls. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 23-26 μ , à cellules très grandes, grandes ou moyennes. Épiderme inférieur onduleux, parfois recticurviligne, d'une épaisseur de 13-15 μ , à cellules grandes ou moyennes, rarement petites. Stomates d'une longueur de 26-30 μ , plus petits ou plus grands que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 70-93 μ , composé de 5-6 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant 1-2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux ordinairement très peu lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec ou sans fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Cuticule épaisse. Périderme se développant rarement pendant la seconde année. Parenchyme cortical composé de 15-16 assises de cellules petites et ovales. Moelle à cellules moyennes, rarement grandes ou petites (culture).

32. *R. humilis* Mursh.

a. *Feuille*. — Poils simples très rares à la face inférieure de la nervure médiane, nuls ailleurs. Poils glandulifères très rares sur le pétiole ou nuls. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 25-30 μ , à cellules grandes ou moyennes, rarement petites. Épiderme inférieur, d'une épaisseur de 16-21 μ , recticurviligne ou subonduleux, à cellules grandes. Stomates d'une longueur de 31-32 μ , plus petits ou plus grands que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 76-91 μ , composé de six assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant 1/2 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux à cellules ovales et peu allongées. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec fibres péridermiques épaisses ou minces.

b. *Tige*. — Cuticule épaisse. Périderme à peine développé sur les rameaux de deux ans. Parenchyme cortical composé de 12-16 assises de cellules ordinairement très allongées tangentiellement dans sa moitié profonde. Moelle à cellules grandes ou très grandes.

SECTION VI. — CINNAMOMEÆ

33. *R. cinnamomea* L.

a. *Feuille*. — Poils simples nombreux sur les deux épidermes et le pétiole. Poils glandulifères nuls. Épiderme supérieur recticurvi-

ligne, d'une épaisseur de 20-23 μ , à cellules moyennes, rarement grandes ou petites. Épiderme inférieur recticurviligne ou subonduleux, d'une épaisseur de 13 μ , à cellules moyennes ou petites. Stomates d'une longueur de 25-26 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 53-71 μ , composé de 4-5 assises, les 2-3 supérieures remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux non lacuneux à cellules très petites. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec ou sans fibres péridermiques. Pétiole renfermant ordinairement 5 faisceaux disposés en arc à sa base.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Périoderme développé ou non dans les rameaux de deux ans. Parenchyme cortical composé de 12-14 assises de petites cellules. Liber avec ou sans fibres mécaniques. Bois très vasculaire, à vaisseaux secondaires ordinairement larges. Moelle à cellules moyennes ou petites.

34. *R. nutkana* Presl.

a. *Feuille*. — Poils simples nuls sur l'épiderme supérieur, nombreux ou rares sur l'inférieur et le rachis médian. Poils glandulifères sur le rachis médian. Épidermes recticurvilignes ou subonduleux, le supérieur d'une épaisseur de 17-28 μ , à cellules très grandes ou grandes, rarement moyennes; l'inférieur d'une épaisseur de 13-16 μ , à cellules grandes, rarement petites. Stomates d'une longueur de 29-38 μ , plus petits ou plus grands que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 56-80 μ , composé de 4-6 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux non ou peu lacuneux, à cellules ordinairement allongées horizontalement. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole dépourvus de fibres péridermiques bien développées.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Périoderme développé dès la seconde année. Parenchyme cortical composé de 12-15 assises de cellules ordinairement plus allongées tangentiellement que chez *R. cinnamomea*. Fibres libériennes nulles. Bois très vasculaire à vaisseaux larges ou étroits. Moelle à cellules moyennes ou petites (cultures) ou grandes (échantillons spontanés).

35. *R. blanda* Ait.

a. *Feuille*. — Poils simples rares ou nuls sur l'épiderme supérieur, nombreux sur l'inférieur et le pétiole. Poils glandulifères nuls. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 17-20 μ , à cellules petites; l'inférieur d'une épaisseur de 13-16 μ , à cellules

moyennes ou petites. Stomates d'une longueur de 23-26 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 45-80 μ , composé [de 5-6 assises de cellules, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux non lacuneux. Fibres péridermiques nulles dans les nervures et le pétiole.

b. *Tige*. — Cuticule épaisse. Périoderme développé dès la seconde année. Parenchyme cortical composé de 13-15 assises de cellules petites. Fibres libériennes nulles. Bois très vasculaire. Moelle à cellules grandes ou moyennes.

R. Woodsii Lindl.

a. *Feuille*. — Poils simples nombreux sur les deux épidermes ou nuls. Poils glandulifères nuls. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 21-29 μ , à cellules grandes ou moyennes; l'inférieur d'une épaisseur de 10-20 μ , à cellules grandes ou moyennes. Stomates d'une longueur de 26-27 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 66-100 μ , composé de 5-7 assises, les deux supérieures remplissant 1/2 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux ou non, cellules très petites. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec ou sans fibres péridermiques; ces dernières étant à section très irrégulière.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Parenchyme cortical composé de 15-16 assises de cellules ordinairement arrondies. Bois très vasculaire, à vaisseaux étroits. Moelle à cellules petites.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en petits massifs. Moelle à cellules de dimensions moyennes.

36. *R. pisocarpa* A. Gr.

a. *Feuille*. — Poils simples sur les deux épidermes, surtout sur l'inférieur. Poils glandulifères nuls. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 19-23 μ , à cellules petites. Épiderme inférieur d'une épaisseur de 10-16 μ , à cellules moyennes ou petites, rarement grandes. Stomates d'une longueur de 25-26 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 62-73 μ , composé de 5-6 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-3/4 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux peu ou pas lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole ordinairement

sans fibres péridermiques. Pétiole renfermant à sa base 3-5 faisceaux disposés en arc.

b. *Tige*. — Cuticule épaisse. Parenchyme cortical composé de 14-15 assises de cellules étroites et allongées tangentiellement. Bois très vasculaires, vaisseaux étroits. Moelle à cellules moyennes ou petites.

37. *R. arkansana* Port.

a. *Feuille*. — Poils simples communs sur les deux épidermes ou seulement sur l'inférieur, ou encore nuls sur le limbe et seulement sur le rachis médian. Poils glandulifères nuls. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 26-31 μ , à cellules grandes, rarement moyennes. Épiderme inférieur d'une épaisseur de 16-21 μ , à cellules grandes, rarement moyennes. Stomates d'une longueur de 30-31 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle d'une épaisseur de 83-126 μ , bifacial, composé de 5-7 assises de cellules, les 2-4 supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux à cellules plus grandes que dans les espèces précédentes de la section. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole ordinairement pourvus de fibres péridermiques bien développées; celles-ci pouvant être nulles ou à parois minces. Pétiole renfermant à sa base 3-5 faisceaux disposés en arc.

b. *Tige*. — Périderme peu ou pas développé dans les rameaux de deux ans. Cuticule très épaisse. Parenchyme cortical composé de 14-20 assises de cellules très allongées tangentiellement ou plus courtes, épaisses et ovales dans sa moitié interne. Moelle à cellules grandes, rarement moyennes ou petites.

c. *Pédoncule floral*. — Moelle à cellules grandes ou moyennes.

38. *R. californica* Ch. et Schl.

a. *Feuille*. — Poils simples nombreux sur les deux épidermes, parfois nuls sur le supérieur. Poils glandulifères communs ou rares sur l'épiderme inférieur et le pétiole. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 21-31 μ , à cellules moyennes, rarement grandes. Épiderme inférieur d'une épaisseur de 13-15 μ , à cellules grandes ou moyennes. Stomates d'une longueur de 28-33 μ , plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 80-133 μ , composé de 5-7 assises, les 2-3 supérieures remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux ou non, à cellules d'inégales dimensions. Faisceaux des nervures et du pétiole pourvus de fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Cuticule épaisse. Parenchyme cortical composé de 11-13 assises de cellules petites et ovales. Moelle à cellules petites ou moyennes.

39. *R. rugosa* Thunb.

a. *Feuille*. — Poils simples très nombreux sur l'épiderme inférieur, nuls sur le supérieur. Poils glandulifères très nombreux sur l'épiderme inférieur. Épidermes recticurvilignes, le supérieur de 28-38 μ , à cellules moyennes; l'inférieur d'une épaisseur de 8-28 μ , à cellules petites et piliformes. Stomates d'une longueur de 23 μ , plus grands que les cellules environnantes ou au moins égaux à elles. Mésophylle bifacial ou subcentrique, d'une épaisseur de 72-77 μ , composé de 4-5 assises, les deux supérieures remplissant les $3/4$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux non lacuneux à cellules petites toutes dirigées perpendiculairement ou horizontalement aux épidermes. Faisceaux des nervures et du pétiole pourvus de fibres péridermiques. Pétiole renfermant à sa base 3-7 faisceaux disposés en arc très ouvert supérieurement.

b. *Tige*. — Rameaux de deux ans recouverts de poils simples et renfermant un périderme. Parenchyme cortical composé de 19-20 assises de cellules très petites. Bois très vasculaire; vaisseaux secondaires larges. Moelle à cellules grandes ou moyennes.

40. *R. davurica* Pall.

a. *Feuille*. — Poils simples sur l'épiderme inférieur et le pétiole, nuls sur le supérieur. Poils glandulifères sur l'épiderme inférieur et le pétiole. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 19-23 μ , à cellules moyennes; l'inférieur d'une épaisseur de 7-20 μ , à cellules moyennes ou petites, très convexes extérieurement. Stomates d'une longueur de 23 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 47-65 μ , composé de 5-6 assises, les deux supérieures remplissant $1/2$ - $2/3$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux non lacuneux, à cellules petites allongées horizontalement. Faisceaux des nervures pourvus de fibres péridermiques à parois minces ou nulles, et faisceau du pétiole pourvu de ces fibres.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Périderme non développé dans les rameaux de deux ans. Parenchyme cortical composé de 12-14 assises de cellules un peu plus grandes que dans l'espèce précédente. Bois très vasculaire; vaisseaux étroits. Moelle à cellules petites.

R. Kamtschatica Vent.

a. *Feuille*. — Poils simples communs sur la feuille et aussi sur les tiges de deux ans. Poils glandulifères paraissant nuls. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de $23\ \mu$, à cellules moyennes ou petites; l'inférieur d'une épaisseur de $16\ \mu$, à cellules petites. Stomates d'une longueur de $23\ \mu$, plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de $70\ \mu$, composé de 5-6 assises, les deux supérieures remplissant $1/2$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux non lacuneux, à cellules allongées horizontalement. Faisceaux des nervures et du pétiole dépourvus de fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Cuticule de moyenne épaisseur. Périclerme dans les rameaux de deux ans. Parenchyme cortical composé de 13-14 assises de cellules courtes et ovales. Bois moins vasculaire que dans l'espèce précédente; vaisseaux étroits. Moelle à cellules de dimensions moyennes.

41. *R. spithamea* Wats.

a. *Feuille*. — Poils simples rares ou nuls sur le limbe, plus nombreux sur le pétiole. Poils glandulifères sur les deux épidermes ou seulement sur l'inférieur, ainsi que sur le pétiole. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de $28-29\ \mu$, à cellules très grandes ou moyennes. Épiderme inférieur d'une épaisseur de $11-16\ \mu$, onduleux ou subonduleux, à cellules très grandes. Stomates d'une longueur de $30-34\ \mu$, plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de $90-135\ \mu$, composé de 5-7 assises, les 2-4 supérieures transformées en palissades remplissant $2/3$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux, à cellules courtes, ovales et irrégulièrement disposées ou à cellules allongées horizontalement. Faisceaux des nervures et du pétiole pourvus de fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Cuticule épaisse; parenchyme cortical composé de 13-19 assises de cellules ordinairement peu allongées tangentiellement. Bois très vasculaire. Vaisseaux ordinairement petits. Moelle à cellules moyennes ou petites.

42. *R. Fendleri* Crép.

a. *Feuille*. — Poils simples, nombreux sur les deux épidermes et le pétiole, ou seulement sur l'inférieur. Poils glandulifères sur le pétiole et le rachis médian. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de $21-24\ \mu$, à cellules moyennes ou petites, parfois

grandes (*R. gratissima* Greene); l'inférieur, d'une épaisseur de 16-18 μ , à cellules moyennes. Stomates d'une longueur de 28 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 82-120 μ , composé de 6-7 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-3/4 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux peu ou pas lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Cuticule épaisse. Péricorème développé dans les rameaux de deux ans. Parenchyme cortical composé de 12-15 assises de cellules petites et ovales. Bois très vasculaire, à vaisseaux ordinairement étroits. Moelle à cellules petites.

R. gratissima Green.

Est une variété de *R. Fendleri* Crép.

43. *R. laxa* Retz.

a. *Feuille*. — Poils simples sur les deux épidermes ou seulement sur l'inférieur. Poils glandulifères nuls. Épiderme supérieur recticurviligne, rarement subonduleux, d'une épaisseur de 16-30 μ , à cellules très grandes ou grandes, rarement moyennes. Épiderme inférieur recticurviligne, subonduleux ou onduleux, d'une épaisseur de 15 μ , à cellules très grandes ou grandes, rarement moyennes. Stomates d'une longueur de 26-30 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 85-106 μ , composé de 5-7 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux à cellules parfois très allongées horizontalement. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec fibres péridermiques à parois minces ou épaisses. Pétiole renfermant assez souvent, à sa base, cinq faisceaux libéro-ligneux.

b. *Tige*. — Cuticule épaisse. Parenchyme cortical composé de 14-16 assises ovales, 2-3 fois plus longues que larges, dans la moitié interne. Moelle à cellules moyennes ou petites.

R. algoiensis Crép.

a. *Feuille*. — Poils simples sur les deux épidermes. Poils glandulifères à la face inférieure de la nervure médiane et sur le pétiole. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 20-30 μ , à cellules grandes ou moyennes. Épiderme inférieur, d'une épaisseur de 15-18 μ , recticurviligne ou subonduleux, à cellules grandes. Stomates d'une longueur de 32-33 μ , plus petits que les cellules envi-

ronnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 93-120 μ , composé de 6-7 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant $1/2$ - $2/3$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Fibres péridermiques des nervures et du pétiole à parois minces ou de moyenne épaisseur ou nulles.

b. *Tige*. — Parenchyme cortical composé de 15-18 assises de cellules 3-4 fois plus longues que larges et à parois assez épaisses dans la moitié interne. Bois très vasculaire à vaisseaux secondaires larges. Moelle à cellules grandes.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en massifs très inégaux. Faisceaux libéro-ligneux avec ou sans fibres péricycliques. Moelle à cellules moyennes ou petites.

44. *R. Beggeriana* Schr.

a. *Feuille*. — Poils simples sur les deux épidermes, ou seulement sur l'inférieur ou nuls. Poils glandulifères à la face inférieure des nervures et sur le pétiole ou nuls. Épiderme supérieur recticurviligne ou rarement onduleux, d'une épaisseur de 13-26 μ , à cellules moyennes ou petites, rarement grandes. Épiderme inférieur recticurviligne, subonduleux ou onduleux, d'une épaisseur de 12-21 μ , à cellules grandes ou petites (cultures). Stomates d'une longueur de 24-30 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 55-103 μ , composé de 5-6 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant $1/2$ - $2/3$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec fibres péridermiques (échantillons spontanés) ou avec fibres irrégulières ou nulles (échantillons cultivés).

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Périderme pouvant s'enfoncer sous les îlots collenchymateux. Parenchyme cortical composé de 14-20 assises de cellules environ trois fois plus longues que larges dans la moitié interne. Bois très vasculaire, à vaisseaux étroits (échantillons spontanés). Moelle à cellules moyennes ou petites.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme presque en couronne continue. Moelle à cellules petites (échantillons spontanés).

R. anserinaefolia Boiss.

a. *Feuille*. — Poils simples sur les deux épidermes. Poils glandulifères nuls. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 20-21 μ , à cellules moyennes ou petites. Épiderme inférieur subonduleux, d'une épaisseur de 15 μ , à cellules moyennes. Stomates d'une longueur de 26 μ , très nombreux et plus petits que les cel-

lules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur moyenne de 104 μ , composé de 6-7 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux à cellules ovales, deux fois plus longues que larges. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec ou sans fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Parenchyme cortical composé de 14-16 assises de petites cellules 2-3 fois plus longues que larges dans la moitié interne. Moelle à cellules petites.

c. *Pédoncule floral*. — Faisceaux libéro-ligneux sans fibres péri-cycliques. Moelle à cellules très petites.

R. Alberti Regel.

Feuille. — Poils simples nombreux sur l'épiderme inférieur et le pétiole, nuls sur le supérieur. Poils glandulifères sur le pétiole. Épiderme supérieur recticurviligne ou subonduleux, d'une épaisseur de 13-20 μ , à cellules moyennes ou petites (cultures). Épiderme inférieur recticurviligne ou onduleux, d'une épaisseur de 10-16 μ , à cellules moyennes ou petites, rarement grandes (cultures). Stomates d'une longueur de 23-26 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 62-95 μ , composé de 5-6 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiolule avec ou sans fibres péridermiques.

45. *R. lacerans* Boiss. et Buch.

a. *Feuille*. — Poils simples sur les deux épidermes. Poils glandulifères sur l'inférieur et le pétiole. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 22-26 μ , à cellules grandes ou petites; l'inférieur d'une épaisseur de 16-18 μ , à cellules grandes ou petites. Stomates d'une longueur de 22-30 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle centrique d'une épaisseur de 125-154 μ , composé de 5-6 assises, les 2-3 supérieures compactes, les autres lacuneuses. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiolule avec fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Périderme s'enfonçant assez souvent sous les massifs collenchymateux. Parenchyme cortical composé de 16-17 assises. Bois très vasculaire, à vaisseaux de largeur moyenne. Moelle à cellules grandes ou moyennes.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en couronne continue. Moelle à cellules petites.

46. *R. gymnocarpa* Nutt.

a. *Feuille*. — Poils simples nuls. Poils glandulifères sur le pétiole et la face inférieure des nervures. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 13-20 μ , à cellules grandes ou très grandes. Épiderme inférieur onduleux, d'une épaisseur de 10-16 μ , à cellules grandes. Stomates d'une longueur de 29-30 μ , plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 76-80 μ , composé de 5-6 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant $1/2$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux à cellules allongées horizontalement. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec ou sans fibres péri-desmiques.

b. *Tige*. — Moelle à cellules de dimensions ordinairement moyennes.

47. *R. macrophylla* Lindl.

a. *Feuille*. — Poils simples nuls sur l'épiderme supérieur, nombreux ou rares sur l'inférieur. Poils glandulifères communs sur l'épiderme inférieur et le pétiole ou nuls. Épiderme supérieur recticurviligne, rarement subonduleux, d'une épaisseur de 19-23 μ , à cellules moyennes, rarement grandes ou très grandes. Épiderme inférieur d'une épaisseur de 13-16 μ , à cellules grandes ou moyennes, rarement petites. Stomates d'une longueur de 24-30 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial ou subcentrique, d'une épaisseur de 76-105 μ , composé de 5-6 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant $1/2-2/3$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec ou sans fibres péri-desmiques.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Périoderme non développé dans les rameaux de deux ans. Parenchyme cortical composé de 13-15 assises de cellules larges, ovales, ordinairement deux fois plus longues que larges. Bois très vasculaire, à vaisseaux de largeur très inégale. Moelle à cellules moyennes ou petites.

R. Biondii Crép.

a. *Feuille*. — Poils simples et poils glandulifères nuls. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 30 μ , à cellules moyennes; l'inférieur, d'une épaisseur de 15 μ , à cellules petites. Stomates d'une longueur maximum de 27 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial,

d'une épaisseur moyenne de 83 μ , composé de 5-6 assises, les deux supérieures transformées en palissades et remplissant 1/2 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux, à cellules petites et ovales. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec ou sans fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Parenchyme cortical composé de 15-16 assises de cellules ordinairement très allongées tangentiellement et à parois assez épaisses. Bois très vasculaire, à vaisseaux de largeur très inégale. Moelle à cellules grandes ou moyennes.

48. *R. Webbiana* Wall.

a. *Feuille*. — Poils simples nombreux sur les deux épidermes, ou seulement sur l'inférieur ou nuls. Poils glandulifères sur le pétiole ou nuls. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 19-23 μ , à cellules moyennes, rarement grandes ou petites. Épiderme inférieur recticurviligne, subonduleux ou onduleux, d'une épaisseur de 12-16 μ , à cellules grandes ou très grandes, rarement petites (cultures). Stomates d'une longueur de 22-31 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial ou subcentrique, d'une épaisseur de 70-113 μ , composé de 5-7 assises, les deux supérieures transformées en palissades, remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux à cellules de longueur très inégale. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec ou sans fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Bois très vasculaire, à vaisseaux ordinairement très étroits. Moelle à cellules moyennes ou petites, rarement grandes.

49. *R. Vesquensis* sp. n.

a. *Feuille*. — Poils simples nombreux sur les deux épidermes, ou seulement sur l'inférieur ou enfin nuls. Poils glandulifères à la face inférieure des nervures ou nuls. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 16-33 μ , à cellules grandes ou moyennes (petites dans les jardins); l'inférieur d'une épaisseur de 15-26 μ , à cellules grandes ou moyennes (petites dans les jardins). Stomates d'une longueur de 30-32 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle centrique, d'une épaisseur de 70 (cultures)-136 μ , composé de 5-7 assises, lacuneux dans sa moitié inférieure. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec ou sans fibres péridermiques. Pétiole renfermant souvent, à sa base, 5 faisceaux libéro-ligneux disposés en arc.

b. *Tige*. — Bois très vasculaire, à vaisseaux étroits. Moelle à cellules de dimensions moyennes.

50. *R. Giraldui* Crép.

a. *Feuille*. — Poils simples, longs, nombreux sur les deux épidermes. Poils glandulifères sur le pétiole ou nuls. Épiderme supérieur recticurviligne d'une épaisseur de 20-25 μ , à cellules grandes ou moyennes, rarement petites. Épiderme inférieur recticurviligne ou subonduleux, d'une épaisseur de 16-17 μ , à cellules grandes ou moyennes, rarement petites. Stomates d'une longueur de 26-28 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 80-91 μ , composé de 5-6 assises, les deux supérieures remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux, à cellules larges et courtes. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec ou sans fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Périderme non développé dans les rameaux de deux ans. Parenchyme cortical composé de 13-16 assises. Bois très vasculaire à vaisseaux étroits. Moelle à cellules grandes ou petites.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en massifs très inégaux. Faisceaux libéro-ligneux dépourvus de fibres pericycliques. Moelle à cellules petites.

51. *R. oxyodon* Boiss.

a. *Feuille*. — Poils simples nuls sur l'épiderme supérieur, rares sur l'inférieur et le rachis médian. Poils glandulifères à la face inférieure de la nervure médiane et sur le pétiole. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 16-31 μ , à cellules grandes ou moyennes, rarement très grandes. Épiderme inférieur recticurviligne ou subonduleux, d'une épaisseur de 13-16 μ , à cellules grandes ou moyennes, rarement petites. Stomates d'une longueur de 27-31 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 73-90 μ , composé de 5-6 assises de cellules, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux non ou peu lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec ou sans fibres péridermiques (cultures).

b. *Tige*. — Moelle à cellules moyennes ou petites, parfois grandes (cultures).

52. *R. acicularis* Lindl.

a. *Feuille*. — Poils simples nombreux sur les deux épidermes ou seulement sur l'inférieur. Poils glandulifères sur le pétiole ou nuls.

Épiderme supérieur recticurviligne ou subonduleux, d'une épaisseur de 20-23 μ , à cellules grandes ou très grandes, rarement petites (Sibérie). Épiderme inférieur recticurviligne, subonduleux ou onduleux, d'une épaisseur de 14-20 μ , à cellules grandes ou moyennes. Stomates d'une longueur de 28-42 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 76-120 μ , composé de 5-6 assises, les 1-2 supérieures transformées en palissades et remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux à cellules larges et très allongées horizontalement. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec ou sans fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Parenchyme cortical composé de 12-13 assises de cellules. Bois très vasculaire, à vaisseaux secondaires larges. Moelle à cellules grandes ou moyennes.

R. Bourgeauiana Crép.

a. *Feuille*. — Poils simples, longs, communs sur l'épiderme inférieur, nuls sur le supérieur. Poils glandulifères sur l'épiderme inférieur et le rachis médian. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur moyenne de 26 μ , à cellules grandes; l'inférieur d'une épaisseur de 16 μ , à cellules grandes. Stomates d'une longueur de 34 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur moyenne de 94 μ , composé de 5-6 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant les 2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux, à cellules ordinairement courtes et ovales. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Moelle à cellules grandes.

c. *Pédoncule floral*. — Moelle à cellules très grandes.

53. *R. Sayi* Schw.

a. *Feuille*. — Poils simples communs sur l'épiderme inférieur, nuls sur le supérieur. Poils glandulifères à la face inférieure de la nervure médiane et sur le pétiole. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 25-30 μ , à cellules grandes ou très grandes, rarement moyennes; l'inférieur, d'une épaisseur de 15-26 μ , à cellules grandes. Stomates d'une longueur maximum de 33 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 93-100 μ , composé de 5-6 assises de cellules, les 1-2 supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux non ou peu la-

cuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec ou sans fibres péridermiques (cultures).

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Parenchyme cortical composé de 12-14 assises de cellules 3-4 fois plus longues que larges. Bois assez vasculaire. Vaisseaux secondaires larges. Moelle à cellules grandes ou très grandes.

54. *R. nipponensis* Crép.

a. *Feuille*. — Poils simples très rares à la face supérieure de la nervure médiane ou nuls. Poils glandulifères nuls. Épidermes recticurvilignes ou subonduleux, le supérieur d'une épaisseur de 20-22 μ , à cellules grandes ou moyennes; l'inférieur, d'une épaisseur de 13 μ , à cellules grandes ou moyennes. Stomates d'une longueur de 25-33 μ plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 50-60 μ , composé de 4-6 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-3/4 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux non, peu ou très lacuneux. Faisceau libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Bois assez vasculaire, vaisseaux étroits. Moelle à cellules moyennes.

55. *R. alpina* L.

a. *Feuille*. — Poils simples, courts, nuls sur le limbe, rares sur le pétiole. Poils glandulifères à la face inférieure des nervures, ainsi que sur le pétiole. Épidermes recticurvilignes ou subonduleux, le supérieur d'une épaisseur de 20-23 μ , à cellules grandes ou très grandes; l'inférieur d'une épaisseur de 12-19 μ , à cellules grandes. Stomates d'une longueur de 30-33 μ , plus petits que les cellules environnantes ou au plus égaux à elles. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 73-76 μ , composé de 5-6 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole avec fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Périderme rarement développé dans les rameaux de deux ans. Parenchyme cortical composé de 18-21 assises de cellules ordinairement larges et ovales. Moelle à cellules grandes ou moyennes.

SECTION VII. — PIMPINELLIFOLIÆ.

56. *R. pimpinellifolia* L.

a. *Feuille*. — Poils simples nuls. Poils glandulifères sur l'épiderme

inférieur ou nuls. Épiderme supérieur recticurviligne, d'une épaisseur de 23-25 μ , à cellules grandes ou moyennes. Épiderme inférieur recticurviligne, rarement subonduleux, d'une épaisseur de 12-23 μ , à cellules grandes, rarement moyennes. Stomates d'une longueur de 30-36 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 76-110 μ , composé de 4-6 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures dépourvus de fibres péridermiques; ces dernières rares ou nulles dans le pétiole.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Périderme développé dès la seconde année. Parenchyme cortical composé de 14-16 assises de cellules ordinairement très allongées dans la moitié interne. Bois très vasculaire. Liber avec ou sans fibres mécaniques. Moelle à cellules moyennes ou petites, rarement grandes.

57. *R. xanthina* Lindl.

a. *Feuille*. — Poils simples communs ou rares sur l'épiderme inférieur et sur le pétiole, ou nuls. Poils glandulifères sur l'épiderme inférieur ou seulement sur le pétiole, ou nuls. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 18-27 μ , à cellules grandes, moyennes ou petites; l'inférieur, d'une épaisseur de 15-17 μ , à cellules grandes ou moyennes. Stomates d'une longueur de 30-33 μ , plus grands ou plus petits que les cellules voisines. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 72-90 μ , composé de 5-7 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux peu ou très lacuneux. Fibres péridermiques nulles dans les faisceaux des nervures et du pétiole.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Périderme développé dans les rameaux de deux ans. Parenchyme cortical composé de 10-18 assises de cellules. Fibres libériennes nulles dans les rameaux de deux ans. Bois très vasculaire, à vaisseaux ordinairement très étroits. Moelle à cellules moyennes ou petites.

58. *R. Ecæ* Aitch.

a. *Feuille*. — Poils simples et poils glandulifères sur l'épiderme inférieur et sur le pétiole. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 18 μ , à cellules petites; l'inférieur d'une épaisseur de 15 μ , à cellules moyennes ou petites. Stomates d'une longueur de 25-26 μ , plus grands que les cellules environnantes. Mésophylle centrique, d'une épaisseur de 90 μ , composé ordinairement

de 5 assises, les deux supérieures compactes, les autres lacuneuses. Fibres péridermiques nulles dans les faisceaux des nervures et du pétiole. Pétiole renfermant souvent à sa base 5 faisceaux libéro-ligneux disposés en arc.

b. *Tige*. — Épiderme exfolié et périderme continu sur les rameaux de deux ans. Fibres libériennes nulles. Bois assez vasculaire, à vaisseaux très étroits. Moelle à cellules petites.

SECTION VIII. — MINUTIFOLIÆ.

59. *R. minutifolia* Engl.

a. *Feuille*. — Poils simples très nombreux sur les deux épidermes. Poils glandulifères paraissant nuls. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 31 μ , à cellules moyennes ou petites; l'inférieur d'une épaisseur de 15 μ , également à cellules moyennes ou petites. Stomates d'une longueur de 26-27 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 70 μ , composé de 4-5 assises de cellules, les deux supérieures transformées en palissades remplissant les 2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux peu ou pas lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures dépourvus de fibres péridermiques; ces dernières existant dans le pétiole.

b. *Tige*. — Épiderme et collenchyme exfoliés sur des rameaux de deux ans; périderme continu et puissant. Liber pourvu de fibres mécaniques éparses dans sa moitié externe. Fibres péricycliques ovales et courtes (coupe radiale). Bois à vaisseaux très étroits. Moelle à cellules petites.

SECTION IX. — MICROPHYLLÆ.

60. *R. microphylla* Roxb.

a. *Feuille*. — Poils simples sur les deux épidermes. Poils glandulifères paraissant nuls. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 15 μ , l'inférieur de 13 μ , tous deux à cellules petites. Stomates d'une longueur de 27-32 μ , à cellules plus grandes que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 100-133 μ , composé de 5-7 assises de cellules, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Faisceaux libéro-ligneux des nervures et du pétiole pourvus de fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Périderme uniformément développé, dans les rameaux de deux ans, vers le milieu du parenchyme cortical. Fibres libé-

riennes groupées en bande tangentielle dans la région médiane du liber. Bois peu vasculaire, à vaisseaux très étroits. Moelle à cellules petites.

SECTION X. — LUTEÆ.

61. *R. lutea* Mill.

a. *Feuille*. — Poils simples sur les deux épidermes. Poils glandulifères sur l'épiderme inférieur et sur le pétiole. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 24-28 μ , à cellules grandes ou moyennes; l'inférieur d'une épaisseur de 15-20 μ , à cellules grandes ou moyennes. Stomates d'une longueur de 30-35 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial ou subcentrique, d'une épaisseur de 75-126 μ , composé de 5-7 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Fibres péridermiques irrégulières ou nulles dans les nervures et le pétiolule.

b. *Tige*. — Cuticule très épaisse. Périoderme développé dans les rameaux de deux ans. Parenchyme cortical composé de 17-19 assises de cellules. Bois secondaire très vasculaire, à vaisseaux ordinairement très étroits. Moelle à cellules grandes ou moyennes.

62. *R. sulphurea* Ait.

a. *Feuille*. — Poils simples nombreux sur les deux épidermes. Poils glandulifères très nombreux sur le pétiole. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 20 μ , à cellules moyennes ou petites; l'inférieur, d'une épaisseur de 16 μ , à cellules petites. Stomates d'une longueur de 29 μ , plus grands que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 103 μ , composé de 5-6 assises de cellules, les deux supérieures transformées en palissades remplissant 1/2 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux non ou peu lacuneux. Fibres péridermiques à section transversale irrégulière ou nulles.

b. *Tige*. — Cuticule de moyenne épaisseur. Périoderme développé la seconde année. Parenchyme cortical composé de 12-13 assises de cellules. Bois assez vasculaire à vaisseaux de largeur moyenne. Moelle à cellules moyennes ou grandes.

SECTION XI. — LÆVIGATÆ.

63. *R. lævigata* Mich.

a. *Feuille*. — Poils simples et poils glandulifères nuls. Épiderme

supérieur onduleux, d'une épaisseur de 32 μ , à cellules moyennes. Épiderme inférieur recticurviligne ou subonduleux, d'une épaisseur de 20 μ , à cellules grandes ou moyennes. Stomates d'une longueur de 33 μ , plus grands que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 136 μ , composé de 8-10 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant 1/4 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Faisceaux libéroligneux des nervures et du pétiole avec ou sans fibres péridermiques.

b. *Tige*. — Parenchyme cortical composé de 16-18 assises de cellules 2-3 fois plus longues que larges et ovales. Moelle à cellules petites.

c. *Pédoncule floral*. — Collenchyme en couronne continue. Moelle à cellules grandes.

SECTION XII. — SERICEÆ.

64. *R. sericea* Lindl.

a. *Feuille*. — Poils simples assez communs sur l'épiderme inférieur et sur le pétiole ou nuls. Poils glandulifères sur l'épiderme inférieur ou nuls. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 18-23 μ , à cellules moyennes ou petites; l'inférieur d'une épaisseur de 15-16 μ , à cellules petites. Stomates d'une longueur de 24-32 μ , plus grands ou plus petits que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 70-110 μ , composé de 6-7 assises, les deux supérieures transformées en palissades remplissant 1/2-2/3 de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux lacuneux. Fibres péridermiques à section transversale irrégulière, ou à parois minces ou enfin nulles.

b. *Tige*. — Cuticule épaisse. Périderme puissamment développé dans les rameaux de deux ans. Bois peu ou très vasculaire; vaisseaux étroits. Moelle à cellules moyennes ou petites.

SECTION XIII. — BRACTEATÆ.

65. *R. bracteata* Wendl.

a. *Feuille*. — Poils simples très rares sur le limbe. Poils glandulifères nuls. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 33-35 μ , à cellules très grandes; l'inférieur à cellules très petites, d'une épaisseur de 13-15 μ . Stomates d'une longueur de 22-23 μ , plus grands que les cellules environnantes. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 130-166 μ , composé de 6-7 assises, les 2-4 supérieures

transformées en palissades. Parenchyme spongieux peu ou pas lacuneux. Fibres péridermiques dans les faisceaux des nervures et du pétiolule.

b. *Tige*. — Parenchyme cortical composé de 15-17 assises. Vaisseaux secondaires étroits. Moelle à cellules moyennes ou petites.

c. *Pédoncule floral*. — Moelle à cellules grandes ou très grandes.

66. *R. clinophylla* Thory.

a. *Feuille*. — Poils simples, longs, serpentiformes, nombreux sur l'épiderme supérieur, nuls sur l'inférieur. Poils glandulifères nuls. Épidermes recticurvilignes, le supérieur d'une épaisseur de 10-12 μ , à cellules petites; l'inférieur d'une épaisseur de 13 μ , à cellules très petites. Stomates d'une longueur de 24-25 μ , plus grands que les cellules voisines. Mésophylle bifacial, d'une épaisseur de 90 μ , composé de 6-7 assises, les 2-3 supérieures transformées en palissades remplissant $1/2$ - $2/3$ de l'épaisseur totale. Parenchyme spongieux peu ou pas lacuneux. Fibres péridermiques dans les nervures et le pétiolule.

b. *Tige*. — Périderme commençant dès la seconde année. Parenchyme cortical composé de 12-13 assises. Bois très vasculaire et à vaisseaux étroits. Cellules médullaires de dimensions moyennes.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES ESPÈCES, SOUS-ESPÈCES, ETC.

Les noms de **SECTIONS** sont imprimés en caractères gras; les **ESPÈCES VRAIES** en romaines; les **ESPÈCES MORPHOLOGIQUES** en caractères ordinaires, et les noms d'espèces versées dans le groupe des *formes secondaires* en italiques (1).

Sect. I. — SYNSTYLÆ.	54	R. <i>Chavini</i> Rap.....	81	135		
R. <i>ANEMONÆFLORA</i> Fort.....	57	127	<i>coriifolia</i> Fries.....	79	136	
<i>ARVENSIS</i> Huds.....	61	131	ELYMAITICA Boiss. et			
<i>Colletti</i> Crép.....	55	126	Hausskn.....	88	147	
<i>Luciæ</i> Franch. et Roch..	56	126	GALLICA L.....	67	148	
MICROCARPA Lindl.....	55	125	<i>glauca</i> Vill.....	78	135	
<i>multiflora</i> Thunb.....	56	126	GLUTINOSA S. et Sm.....	85	144	
MOSCHATA Hern.....	59	130	<i>graveolens</i> Gren.....	83	141	
<i>PHENICIA</i> Boiss.....	58	129	HECKELIANA Tratt.....	85	144	
<i>SETIGERA</i> Mich.....	58	129	<i>iberica</i> Stev.....	84	145	
<i>Soulieana</i> Crép.....	60	131	JUNDZILLI Bess.....	90	147	
<i>Sempervirens</i> L.....	61	132	<i>micrantha</i> Sm.....	82	140	
TUNQUINENSIS Crép.....	55	127	<i>mollis</i> Sm.....	86	143	
WATSONIANA Crép....	57	128	<i>montana</i> Chaix.....	80	136	
<i>Wichuraiana</i> Crép.....	57	128	<i>obtusifolia</i> Desv.....	78	137	
Sect. II. — INDICÆ.		65	<i>omissa</i> Déségl.....	87	146	
R. <i>GIGANTEA</i> Coll.....	66	133	ORIENTALIS Dup.....	87	145	
INDICA L.....	66	132	POMIFERA Herrn.....	86	143	
Sect. III. — BANKSIÆ.		67	<i>Pouzini</i> Tratt.....	78	134	
R. <i>BANKSIÆ</i> R. Br.....	67	133	RUBIGINOSA L.....	82	139	
Sect. IV. — CANINÆ.		72	RUBRIFOLIA Vill.....	81	138	
R. <i>ABIETINA</i> Gren.....	78	138	SEPIUM Thuill.....	83	140	
<i>Beloniana</i> Desp.....	88		SERAPHINI Viv.....	84	142	
R. <i>CANINA</i> L.....	77	134	<i>sicula</i> Tratt.....	84	142	
Groupe <i>Andegavensis</i>			STYLOSA Desv.....	62	70	139
Bast.....	77		TOMENTELLA Lém.....	78	137	
— <i>Blondeana</i> Rip....	77		TOMENTOSA Sm.....	87	146	
— <i>dumalis</i> Bechst...	77		<i>uriensis</i> Lag. et Pug....	79	136	
— <i>dumetorum</i> Thuil..	77		ZALANA Wiesb.....	83	141	
— <i>Deseglisei</i> Bor....	77		Sect. V. — CAROLINÆ. 90			
— <i>lutetiana</i> Lem....	77		R. <i>CAROLINA</i> L.....	90	148	
— <i>scabrata</i> Crép.....	77		FOLIOSA Nutt.....	91	149	
— <i>vertic illacantha</i> Më.	77		HUMILIS Marsh.....	93	150	
			LUCIDA Ehrh.....	92	149	
			<i>nitida</i> Willd.....	92	150	

(1) La première colonne indique la page où le type est discuté; la seconde, celle où il est décrit.

Sect. VI. — CINNAMOMEÆ.	93		
<i>R. Alberti</i> Regel.....	100	158	
<i>algoiensis</i> Crép.....	99	156	
<i>ACICULARIS</i> Lindl.....	104	161	
<i>anserinæfolia</i> Boiss.....	99	157	
<i>ARKANSANA</i> Port.....	95	153	
<i>ALPINA</i> L.....	105	163	
<i>BEGGERIANA</i> Schr.....	98	157	
<i>Biondii</i> Crép.,.....	106	159	
<i>BLANDA</i> Ait.....	94	151	
<i>Bourgeauiana</i> Crép.....	105	162	
<i>CALIFORNICA</i> Ch. et Schl..	96	153	
<i>CINNAMOMEA</i> L.....	93	150	
<i>DAVURICA</i> Pall.....	106	154	
<i>FENDLERI</i> Crép.....	97	155	
<i>GIRALDI</i> Crép.....	106	161	
<i>gratissima</i> Greene.....	98	156	
<i>GYMNOCARPA</i> Nutt.....	100	159	
<i>Kamtschatica</i> Vent.....	97	155	
<i>LACERANS</i> Bois. et Buc.	99	158	
<i>LAXA</i> Retz.....	98	156	
<i>MACROPHYLLA</i> Lindl.....	100	159	
<i>NIPPONENSIS</i> Crép.....	105	163	
<i>NUTKANA</i> Presl.....	94	151	
<i>OXYODON</i> Boiss.....	102	161	
<i>PISOCARPA</i> A. Gr.....	94	152	
<i>RUGOSA</i> Thunb.....	96	154	
<i>SAYI</i> Schw.....	105	162	
<i>SPITHAMEA</i> Wats.....	97	155	
<i>VESQUENSIS</i> sp. n.....	102	160	
<i>R. WEBBIANA</i> Wall.....	101	160	
<i>Woodsii</i> Lindl.....	95	152	
Sect. VII. — PIMPINELLI-FOLIÆ.	107		
<i>R. ECÆ</i> Aitch.....	108	164	
<i>PIMPINELLIFOLIA</i> L....	107	163	
<i>XANTHINA</i> Lindl.....	107	164	
Sect. VIII. — MINUTIFOLIAE.	109		
<i>R. MINUTIFOLIA</i> Engl....	109	165	
Sect. IX. — MICROPHYLLÆ	110		
<i>R. MICROPHYLLA</i> Roxb..	110	165	
Sect. X. — LUTEÆ.	111		
<i>R. LUTEA</i> Mill.....	111	166	
<i>SULPHUREA</i> Ait.....	111	166	
Sect. XI. — LÆVIGATÆ.	112		
<i>R. LÆVIGATA</i> Mich.....	112	166	
Sect. XII. — SERICEÆ.	112		
<i>R. SERICEA</i> Lindl.....	112	167	
Sect. XIII. — BRACTEATÆ.	113		
<i>R. BRACTEATA</i> Wendl....	113	167	
<i>CLINOPHYLLA</i> Thory....	113	168	
Sous-genre <i>EXSTIPULÆ.</i>			
<i>R. BERBERIFOLIA</i> Pall...	53	124	

EXPLICATION DES PLANCHES

<i>périd.</i> Périderme.	<i>ép.</i> Épiderme.
<i>f. pér., f. p.</i> Fibres péricycliques.	<i>col.</i> Collenchyme.
<i>l.</i> Liber.	<i>chl.</i> Chlorenchyme.
<i>b.</i> Bois.	<i>p. c.</i> Parenchyme cortical.
<i>f. lg.</i> Fibres ligneuses.	<i>p.</i> Poil.
<i>v.</i> Vaisseaux.	<i>f. l.</i> Fibres libériennes.
<i>r. m.</i> Rayons médullaires.	<i>c. p.</i> Cellules piliformes.
<i>l. pr.</i> Liber primaire.	<i>f. ll.</i> Faisceau libéro-ligneux.
<i>cr.</i> Cristaux.	<i>f. périd.</i> Fibres péridesmiques.
<i>ct.</i> Cellules tannifères.	<i>lac.</i> Lacunes.
<i>p. p.</i> Parenchyme en palissades.	<i>m.</i> Moelle.
<i>p. sp.</i> Parenchyme spongieux.	<i>pl. lg.</i> Plages ligneuses.
<i>st.</i> Stomates.	<i>p. col.</i> Parenchyme collenchyma-
<i>g.</i> Gomme.	toïde.
<i>ép. s.</i> Épiderme supérieur.	<i>t. cr.</i> Tubes criblés libériens.
<i>ép. i.</i> Épiderme inférieur.	

PLANCHE I

Fig. 1. — *Rosa californica*. Coupe transversale d'une jeune racine. Grossissement $\frac{150}{1}$.

Fig. 2. — Coupe tangentielle d'une jeune racine. Gross. $\frac{90}{1}$.

Fig. 3. — Coupe radiale d'une jeune racine. Gross. $\frac{150}{1}$.

Fig. 4. — *R. acicularis*. Coupe transversale d'une grosse racine. Gross. $\frac{150}{1}$.

Fig. 5. — *R. blanda*. Cylindre central d'une grosse racine. Gross. $\frac{90}{1}$.

Fig. 6. — Coupe transversale dans la moelle de la racine. Grossissement $\frac{90}{1}$.

Fig. 7. — Origine et trace des faisceaux stipulaires (schéma). (Voy. p. 10 et 11.)

Fig. 8. — Marche des faisceaux libéro-ligneux dans le rachis médian. (Voy. p. 12).

PLANCHE II

Fig. 9 (a, b, c, d, e, f). — *Rosa berberifolia*. Formation des faisceaux foliaires.

Fig. 10. — *R. alpina*. Grains de pollen étudiés à sec. $\frac{150}{1}$.

Fig. 11. — Grains de pollen étudiés dans l'eau. $\frac{300}{1}$.

Fig. 12. — Grain de pollen soumis à l'action de l'eau et de la chaleur. $\frac{300}{1}$.

Fig. 13. — *R. microcarpa*. Coupe transversale de la moelle de la tige. $\frac{90}{1}$.

Fig. 14. — Épiderme inférieur de la feuille. $\frac{300}{1}$.

Fig. 15. — *R. tunquinensis*. Coupe transversale de la feuille. $\frac{300}{1}$.

Fig. 16. — Épiderme supérieur de la feuille. $\frac{300}{1}$.

Fig. 17. — *R. multiflora*. Épiderme inférieur. $\frac{300}{1}$.

Fig. 18. — *R. Lucix*. Épiderme supérieur. $\frac{300}{1}$.

PLANCHE III

Fig. 19. — *R. Wichuraiana*. Coupe transversale du limbe. $\frac{300}{1}$.

Fig. 20. — Épiderme inférieur. $\frac{300}{1}$.

Fig. 21. — *R. Watsoniana*. Coupe transversale du limbe. $\frac{300}{1}$.

Fig. 22. — *R. setigera*. Coupe transversale dans la moelle de la tige. $\frac{90}{1}$.

Fig. 23. — *R. soulieana*. Épiderme supérieur. $\frac{300}{1}$.

Fig. 24. — *R. arvensis*. Coupe transversale du limbe. $\frac{300}{1}$.

Fig. 25. — Coupe transversale dans la moelle du pédoncule floral. $\frac{90}{1}$.

Fig. 26. — *R. stylosa*. Épiderme supérieur. $\frac{300}{1}$.

Fig. 28. — *R. systyla*. Épiderme supérieur. $\frac{300}{1}$.

Fig. 29. — *R. indica*. Coupe transversale du limbe. $\frac{300}{1}$.

Fig. 30. — *R. Banksia*. Épiderme inférieur. $\frac{300}{1}$.

PLANCHE IV

- Fig. 27. — *R. stylosa*. Coupe transversale de la tige. $\frac{150}{1}$.
- Fig. 31. — *R. canina* (gr. du *R. lutetiana*). Épiderme supérieur. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 32. — — — Épiderme inférieur. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 33. — — — Coupe transversale dans la moelle de la tige. $\frac{90}{1}$.
- Fig. 34. — (gr. du *R. verticillacantha*). Coupe transversale de la tige. $\frac{150}{1}$.
- Fig. 35. — — — Coupe transversale dans le liber de la tige. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 36. — *R. coriifolia*. Coupe transv. dans la moelle du pédonc. floral. $\frac{90}{1}$.
- Fig. 38. — *R. rubiginosa*. Poil glandulifère de la feuille. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 39. — *R. zalana*. Coupe transv. dans la moelle du pédonc. floral. $\frac{90}{1}$.
- Fig. 40. — *R. pomifera*. Épiderme supérieur. $\frac{300}{1}$.

PLANCHE V

- Fig. 37. — *R. tomentella*. Coupe transvers. dans la moelle de la tige. $\frac{90}{1}$.
- Fig. 41. — *R. glutinosa*. Épiderme inférieur. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 42. — *R. iberica*. Coupe transversale du limbe. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 43. — — Bois de la tige (coupe transv.). $\frac{150}{1}$.
- Fig. 44. — *R. elymaitica*. Épiderme supérieur. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 45. — *R. Jundzilli*. Épiderme supérieur. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 46. — *R. cinnamomea*. Épiderme supérieur. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 47. — — Coupe transversale de la tige. $\frac{150}{1}$.
- Fig. 48. — — Épiderme inférieur. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 49. — *R. nuthkana*. Épiderme inférieur. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 50. — — Épiderme supérieur. $\frac{300}{1}$.

PLANCHE VI

- Fig. 51. — *R. blanda*. Moelle de la tige (c. transv.). $\frac{90}{1}$.
- Fig. 52. — *R. pisocarpa*. Épiderme supérieur. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 53. — *R. rugosa*. Coupe transversale du limbe. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 54. — Poil glandulifère. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 55. — Épiderme inférieur. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 56. — *R. davurica*. Coupe transversale du limbe. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 57. — *R. spithamea*. Épiderme inférieur. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 58. — *R. Fendleri*. Bois (c. transv.). $\frac{90}{1}$.
- Fig. 59. — *R. laxa*. Pétiole à sa base (c. transv.) Schéma.
- Fig. 60. — *R. Beggeriana*. Épiderme supérieur. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 61. — *R. lacerans*. Limbe (c. transv.). $\frac{300}{1}$.
- Fig. 62. — Pédoncule floral (c. transv.) Schéma.
- Fig. 63. — — (moelle). $\frac{90}{1}$.

PLANCHE VII

- Fig. 64. — *R. gymnocarpa*. Épiderme inférieur. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 65. — Nervure médiane (c. transv.). $\frac{150}{1}$.
- Fig. 66. — Coupe transv. du limbe. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 67. — *R. Vesquensis*. Coupe transv. du limbe. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 68. — *R. oxyodon*. Épiderme supérieur. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 69. — *R. acicularis*. Épiderme supérieur. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 70. — Épiderme inférieur. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 71. — (Échantillons de Sibérie). Épiderme supér. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 72. — — — — infér. $\frac{300}{1}$.
- Fig. 73. — *R. sayi*. Moelle de la tige (c. transv.). $\frac{90}{1}$.
- Fig. 74. — *R. nipponensis*. Coupe transversale du limbe. $\frac{300}{1}$.

PLANCHE VIII.

Fig. 75. — *R. alpina*. Tige (coupe transvers.). $\frac{150}{1}$.

Fig. 76. — *R. carolina*. Épiderme inférieur. $\frac{300}{1}$.

Fig. 77. — *R. lucida*. Épiderme supérieur. $\frac{300}{1}$.

Fig. 78. — *R. humilis*. Coupe transversale dans la moelle de la tige. $\frac{90}{1}$.

Fig. 79. — *R. pimpinellifolia*. Épiderme inférieur. $\frac{300}{1}$.

Fig. 80. — *R. xanthina*. Poil simple de la feuille.

Fig. 81. — *R. Ecæ*. Coupe transversale du limbe. $\frac{300}{1}$.

Fig. 82. — *R. minutifolia*. — $\frac{300}{1}$.

Fig. 83. — — — Épiderme supérieur. $\frac{300}{1}$.

Fig. 84. — — — Coupe radiale de la tige. $\frac{150}{1}$.

Fig. 85. — *R. microphylla*. Épiderme inférieur. $\frac{300}{1}$.

Fig. 86. — *R. lævigata* Michx. Épiderme supérieur. $\frac{300}{1}$.

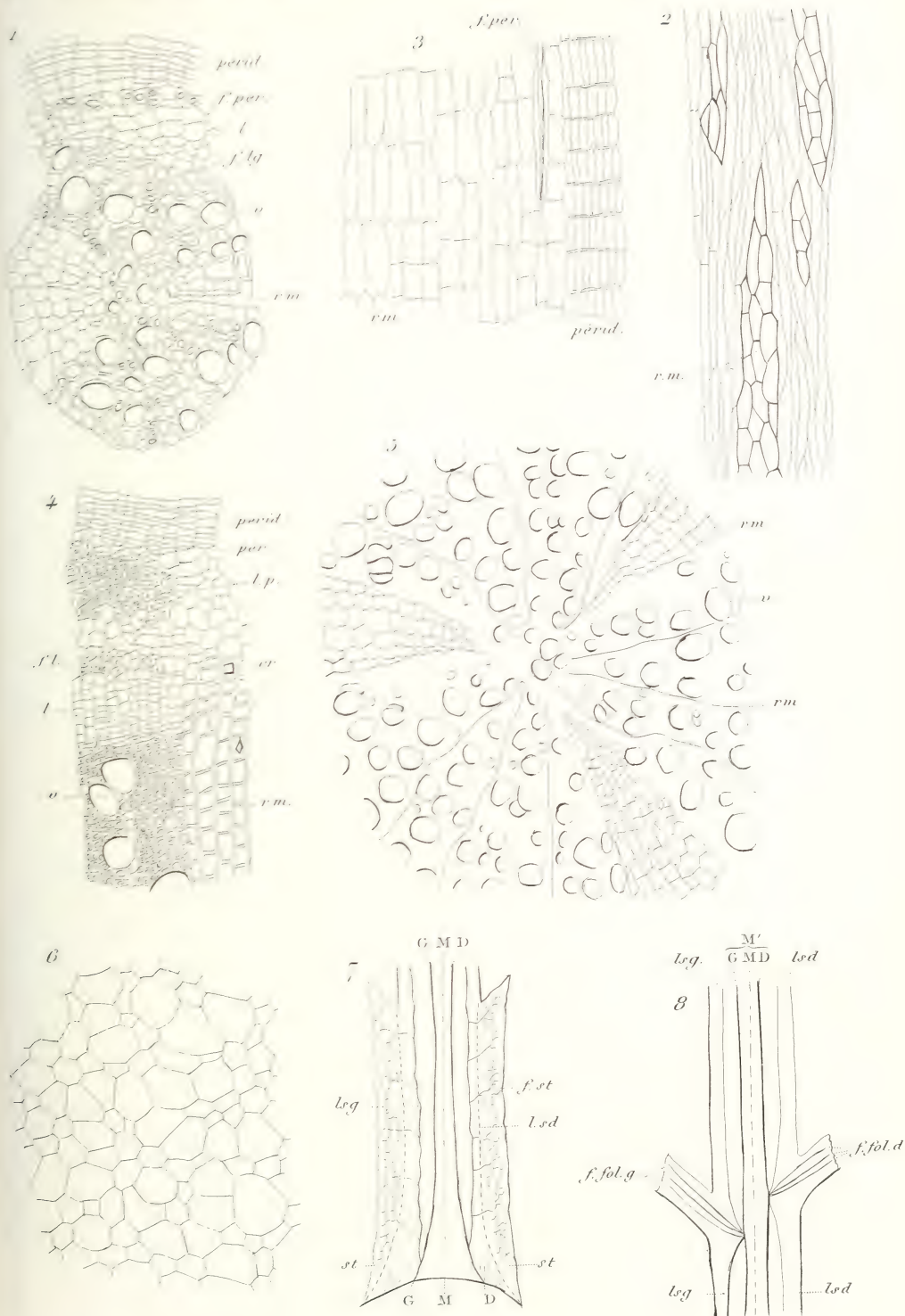
Fig. 87. — — — Coupe transversale dans la moelle de la tige. $\frac{90}{1}$.

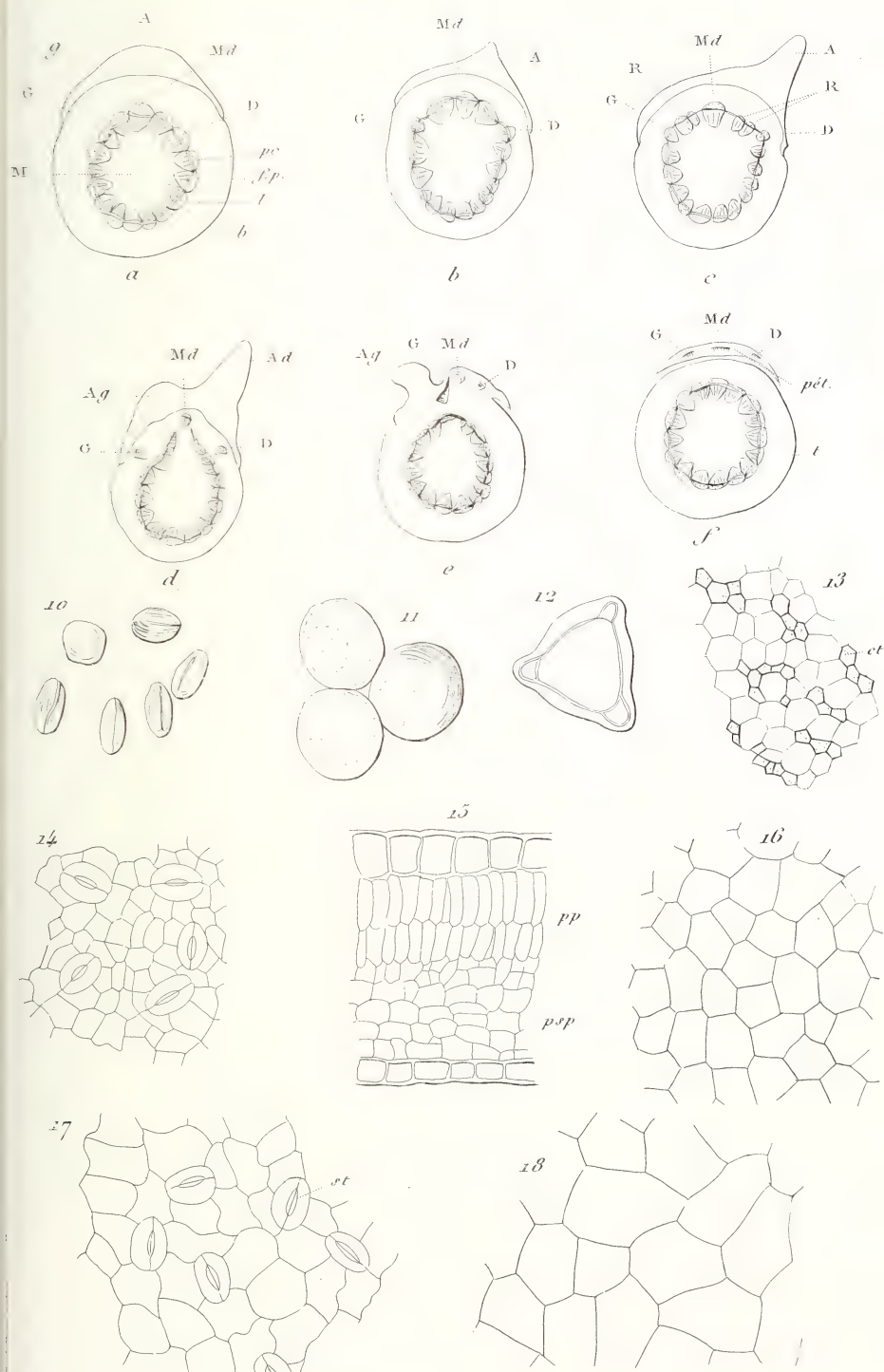
Fig. 88. — *R. sericea*. Épiderme supérieur. $\frac{300}{1}$.

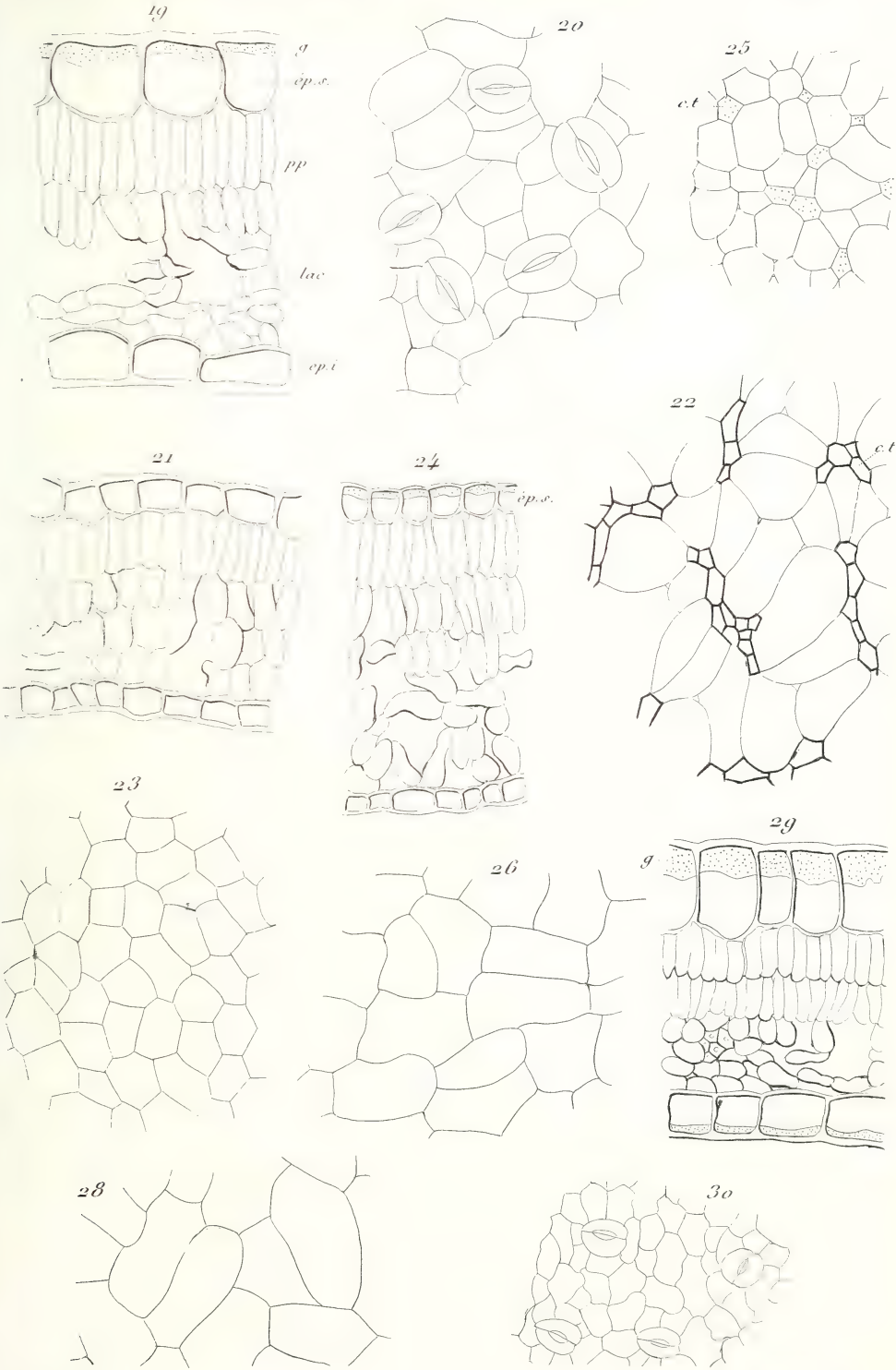
Fig. 89. — *R. bracteata*. Épiderme inférieur. $\frac{300}{1}$.

Fig. 90. — *R. clinophylla*. Tige (coupe radiale pratiquée à l'endroit où un rayon médullaire s'unit à la moelle).

Fig. 91. — *R. clinophylla*. Poil épidermique de la feuille.



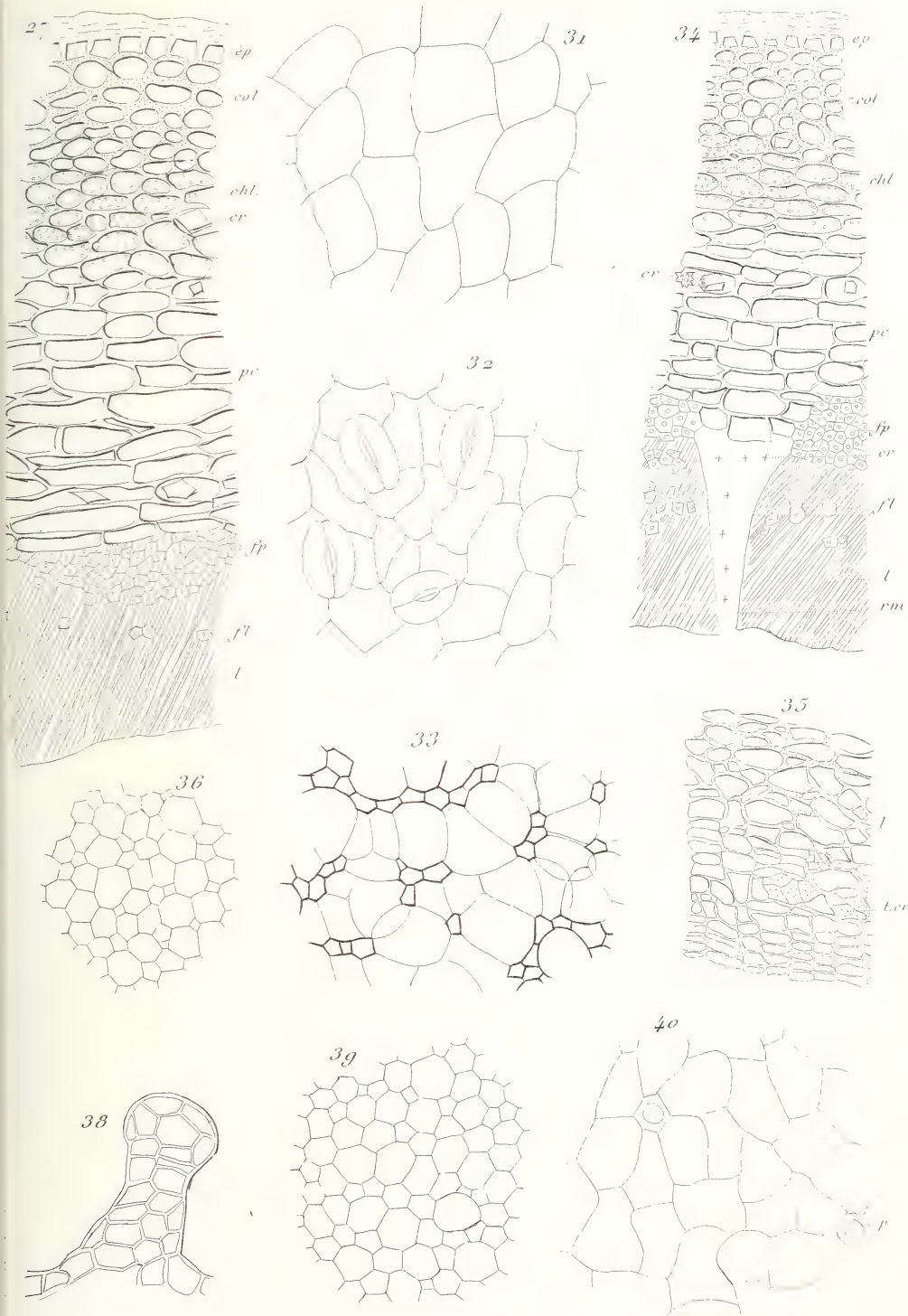




P. Parmentier del.

H. Himely sc.

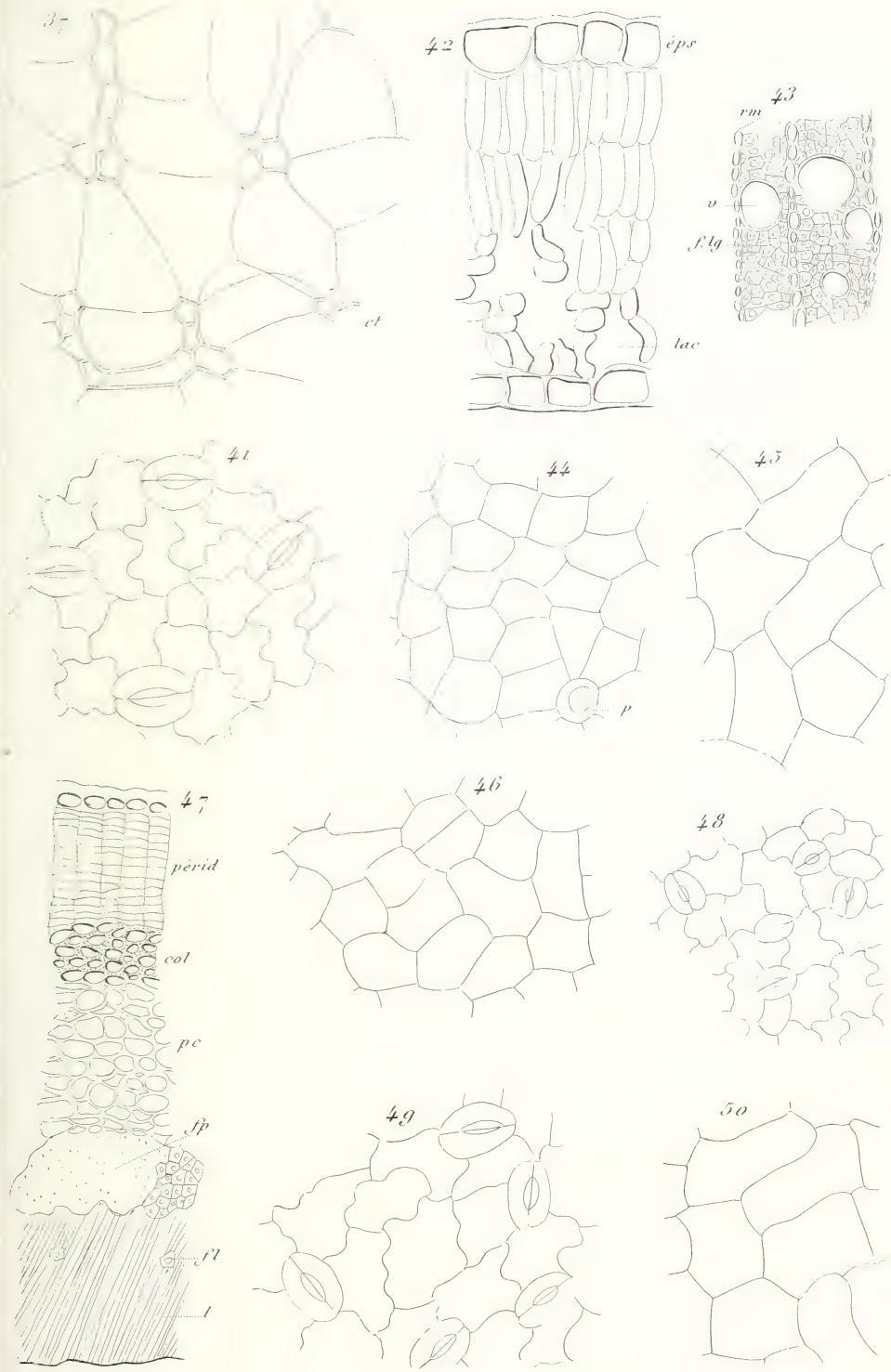
Structure des Rosiers.



P. Parmentier del.

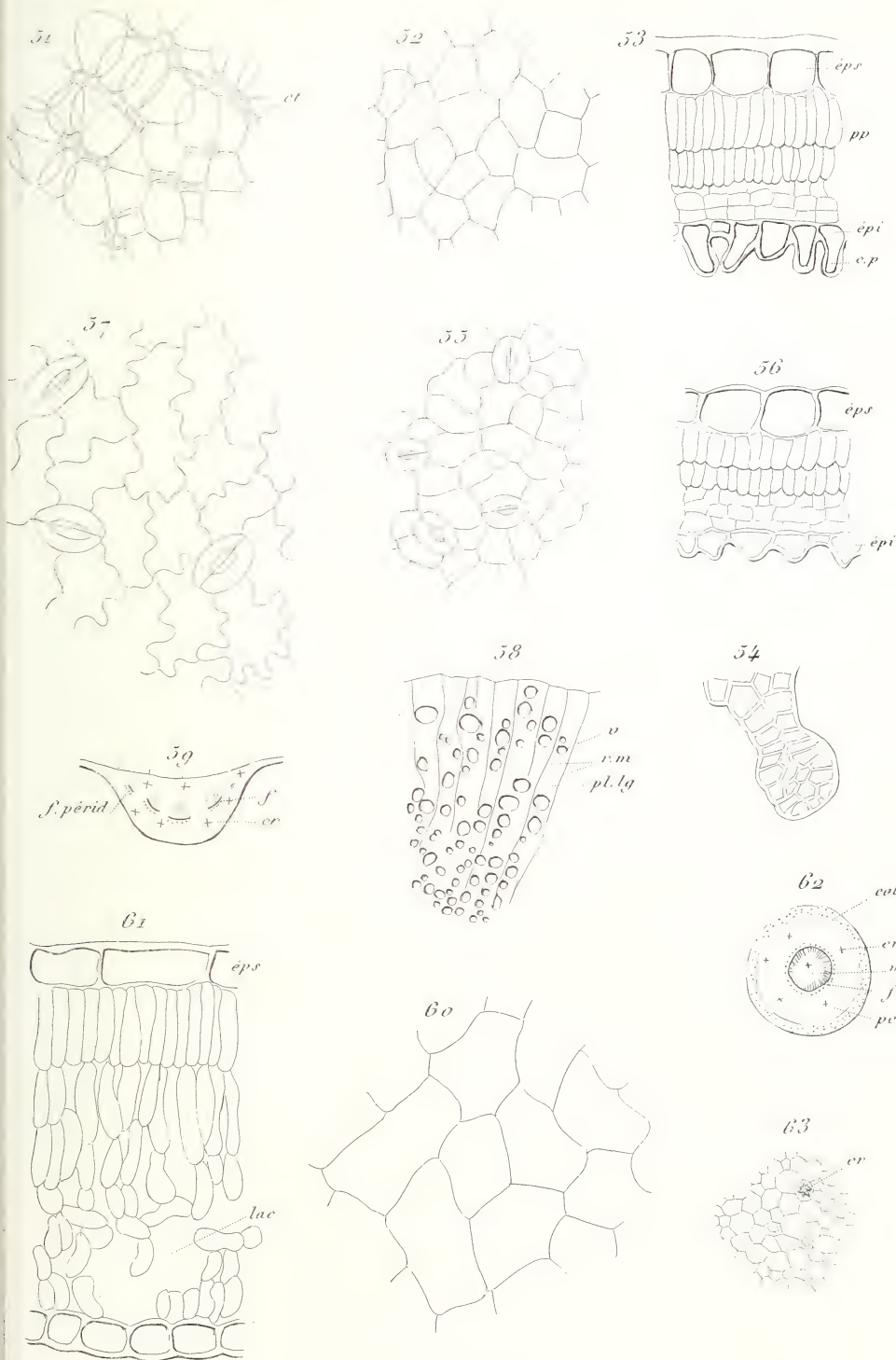
H. Himely sc.

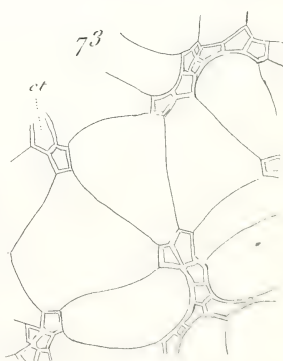
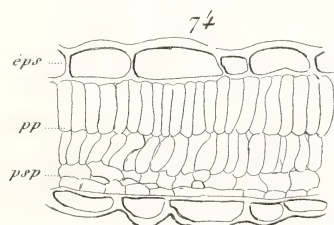
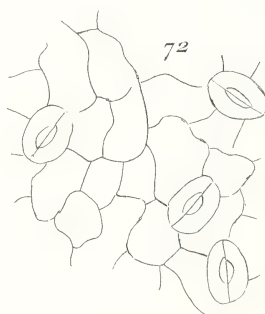
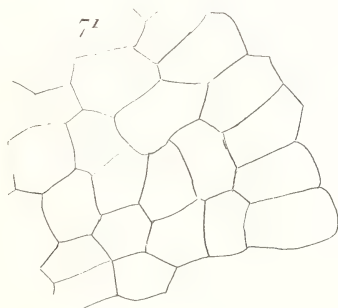
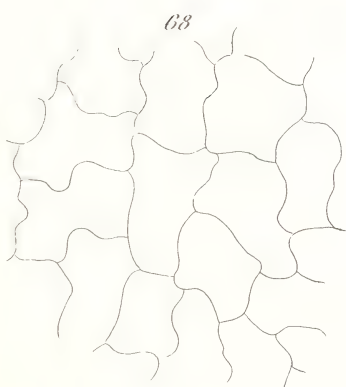
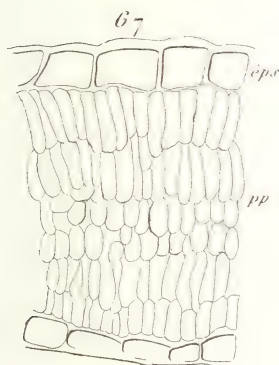
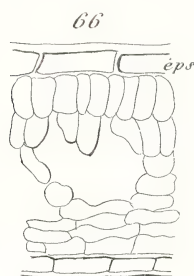
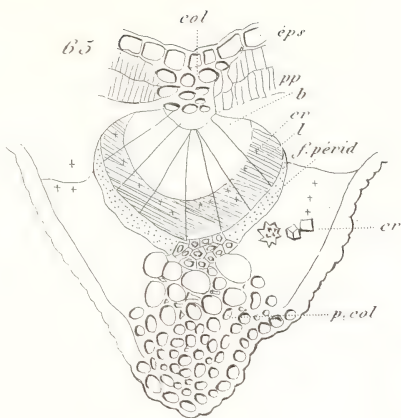
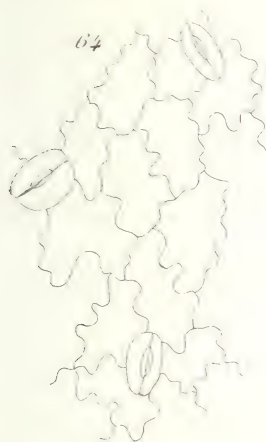
Structure des Rosiers.

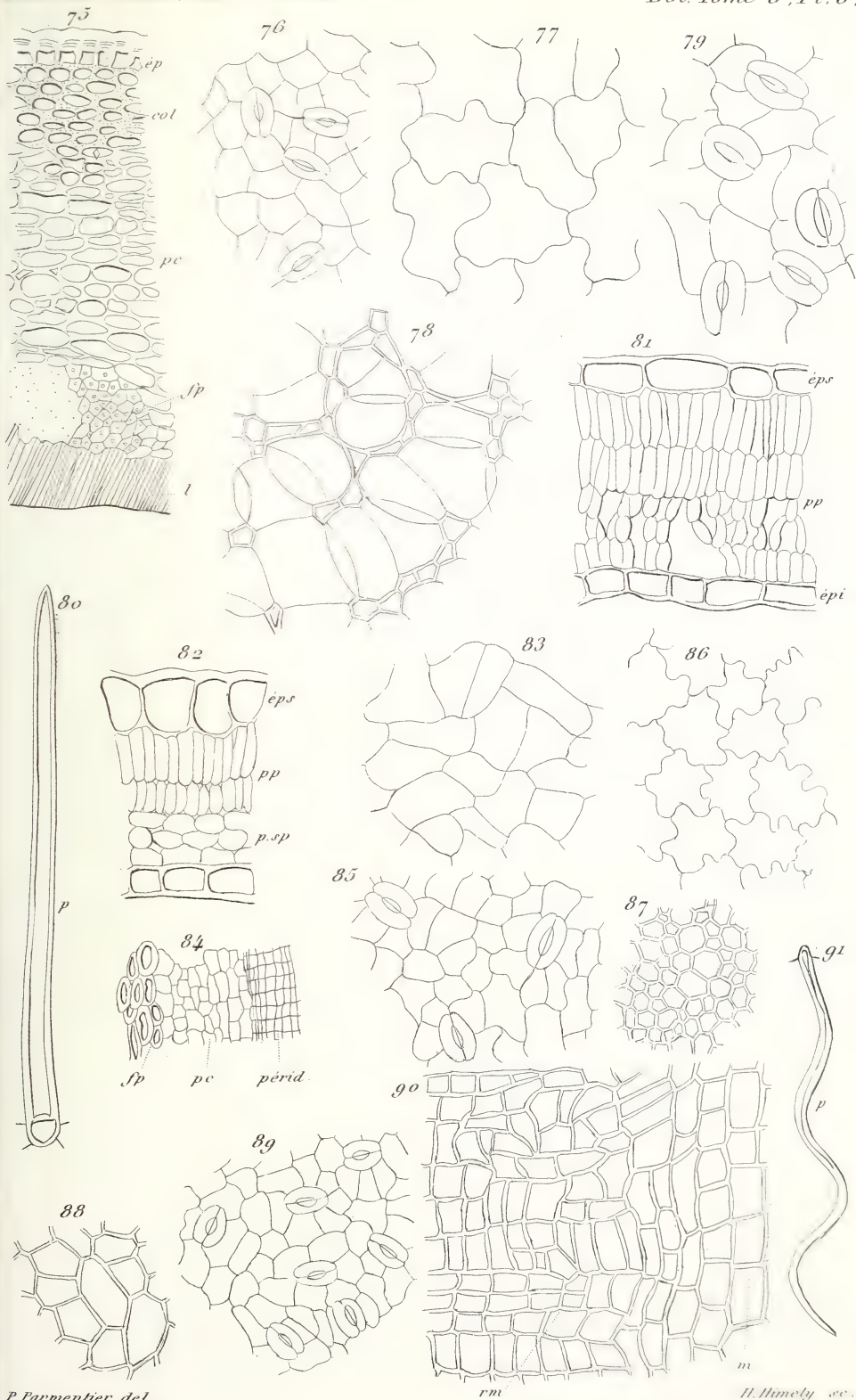


P. Parmentier del.

H. Himely sc.







P. Parmentier del.

H. Himeley sc.

Structure des Rosiers.

ANNALES
DES
SCIENCES NATURELLES

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE ET LA CLASSIFICATION
DES VÉGÉTAUX VIVANTS ET FOSSILES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. PH. VAN TIEGHEM

TOME VI. — N^{os} 4, 5 et 6.

PARIS
MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1898

PARIS, 30 FR. — DÉPARTEMENTS ET ÉTRANGER, 32 FR.

Ce cahier a été publié en décembre 1898.

Les *Annales des sciences naturelles* paraissent par cahiers mensuels

QUATRIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

Publiée sous la direction de M. PH. VAN THIEGHEM

L'abonnement est fait pour 2 volumes, chacun d'environ 400 pages, avec les planches et les figures dans le texte correspondant aux mémoires.

Ces volumes paraissent en plusieurs fascicules dans l'intervalle d'une année.

Les tomes I à VI sont complets.

ZOOLOGIE

Publiée sous la direction de M. A. MILNE-EDWARDS.

L'abonnement est fait pour 2 volumes, chacun d'environ 400 pages, avec les planches correspondant aux mémoires.

Ces volumes paraissent en plusieurs fascicules dans l'intervalle d'une année.

Les tomes I à VI sont complets.

Prix de l'abonnement à 2 volumes :

Paris : 30 francs. — Départements et Union postale : 32 francs.

ANNALES DES SCIENCES GÉOLOGIQUES

Dirigées, pour la partie géologique, par M. HÉBERT, et pour la partie paléontologique, par M. A. MILNE-EDWARDS.

L'abonnement est fait pour un volume d'environ 300 pages, publié en plusieurs fascicules dans le courant d'une année.

Prix du volume :

Paris : 15 fr. — Départements : 16 fr. — Union postale : 17 fr.
Le tome XXII est publié.

Prix des collections.

PREMIÈRE SÉRIE (Zoologie et Botanique réunies), 30 vol.	(Rare).
DEUXIÈME SÉRIE (1834-1843). Chaque partie 20 vol.	250 fr.
TROISIÈME SÉRIE (1844-1853). Chaque partie 20 vol.	250 fr.
QUATRIÈME SÉRIE (1854-1863). Chaque partie 20 vol.	250 fr.
CINQUIÈME SÉRIE (1864-1874). Chaque partie 20 vol.	250 fr.
SIXIÈME SÉRIE (1875 à 1884). Chaque partie 20 vol.	250 fr.
SEPTIÈME SÉRIE (1885 à 1894). Chaque partie 20 vol.	300 fr.
GÉOLOGIE, 22 volumes.	330 fr.

LES CENTRES CINÉTIQUES

CHEZ

LES VÉGÉTAUX

Par L. GUIGNARD

Les observations que j'ai eu l'occasion de faire dans ces derniers temps sur le développement du pollen, chez quelques Nymphéacées, Orchidées et Magnoliacées, m'ont permis de constater un certain nombre de faits intéressants au point de vue de la connaissance des phénomènes qui se manifestent au cours de la division nucléaire. Ils se rapportent principalement à la question des centres cinétiques, dont je me suis occupé dans une Note publiée à la fin de l'année dernière (1). Le but du présent travail est d'exposer plus en détail, avec figures à l'appui, les faits résumés dans cette Note à propos des *Nymphaea*, *Nuphar* et *Limodorum*. J'y ajouterai les résultats d'observations nouvelles sur les *Magnolia*, dans lesquels la formation du pollen présente des caractères particuliers. Cet exposé sera suivi de quelques considérations sur l'état actuel de diverses questions à l'ordre du jour dans ce genre d'études.

(1) L. Guignard, *Les centrosomes chez les végétaux* (Comptes rendus Acad. des sc., 27 déc. 1897).

NYMPHÆA ALBA

(Pl. IX, fig. 1-35.)

Pour fixer le contenu des sacs polliniques, le liquide de Flemming peut donner de très bons résultats, à la condition de surveiller la durée de son action, de façon à éviter le noircissement des objets. J'ai employé comparativement une solution renfermant, dans 100 parties d'eau, 0^{gr},50 d'acide chromique, 0^{gr},50 de perchlorure de fer officinal et 2 grammes d'acide acétique. La plupart des autres agents préconisés dans les cas analogues m'ont paru beaucoup moins avantageux. D'ailleurs, les nombreuses anthères d'une même fleur de *Nymphæa* ne sont pas toutes également bien fixées par un même liquide. Les différences morphologiques qui existent, comme on sait, entre les étamines successives de l'androcée, semblent en être en partie la cause. D'autre part, l'évolution des cellules-mères polliniques ne s'y montre pas toujours régulière et uniforme; il y a parfois des sacs polliniques où elles subissent un avortement plus ou moins complet.

Il est à remarquer aussi que, dans un même sac pollinique, dont les cellules-mères normalement développées sont en voie de division, on observe fréquemment, sur une coupe faite à un niveau donné, des stades assez différents les uns des autres; dans la plupart des plantes au contraire, qui possèdent des sacs allongés comme ceux du *Nymphæa*, on ne trouve pas à un même niveau des différences aussi prononcées.

La méthode qui s'est montrée la plus avantageuse pour la coloration des matériaux fixés par les deux procédés indiqués consiste dans l'emploi d'un mélange analogue à celui de Biondi, composé de vert de méthyle, de fuchsine acide et d'orange G en solution aqueuse. Mais on n'arrive que par tâtonnements à trouver les proportions relatives de ces ma-

tières colorantes (1), et le moindre excès de l'une ou de l'autre change le résultat. Les proportions étaient telles que les coupes, lavées à l'alcool fort après un séjour d'une douzaine d'heures environ dans le mélange, montraient la chromatine des noyaux en division vivement colorée en vert sombre ; les fils achromatiques du fuseau nucléaire offraient une teinte rouge pâle ; aux pôles du fuseau on apercevait ordinairement tantôt un ou plusieurs corpuscules verdâtres ou violacés, entourés ou non d'une mince zone protoplasmique d'une teinte orangé rose, tantôt un petit amas confus de substance d'un vert sombre tirant plus ou moins sur l'orangé. En ajoutant à l'alcool une goutte d'acide chlorhydrique pour 100 p., le lavage permet d'enlever en quelques secondes l'excès de vert de méthyle, et de faire apparaître avec beaucoup plus de netteté les corpuscules situés aux pôles du fuseau, dont les fils prennent en même temps une teinte plus vive et plus pure.

Cette méthode est délicate, car on risque de décolorer les éléments qui ont fixé le vert de méthyle, mais c'est elle qui m'a donné les meilleurs résultats ; elle m'a paru préférable, dans le cas actuel, à la triple coloration de Flemming avec la safranine, le violet de gentiane et l'orange. Toutefois, j'ai souvent employé cette dernière, ainsi que la méthode de Heidenhain au fer et à l'hématoxyline (2).

A moins d'indication contraire, les réactions colorées dont il sera question plus loin se rapporteront à l'emploi de la méthode en question. J'ajoute qu'elle réussit moins bien dans d'autres cas et que, pour arriver à un bon résultat, il

(1) Les formules qu'on pourrait donner pour un mélange de cette nature présenteraient d'autant moins de précision que les verts de méthyle en poudre, fournis par les maisons même les plus recommandées, sont trop souvent falsifiés avec de la dextrine. Mieux vaut dès lors employer le vert de méthyle cristallisé.

(2) Les remarques que j'ai souvent faites, dans le cas actuel comme dans d'autres recherches du même genre, en comparant les préparations obtenues par inclusion dans la paraffine avec celles qui n'avaient pas subi cette manipulation, m'ont montré une grande différence dans les résultats en faveur de ces dernières.

faut modifier les proportions relatives des matières colorantes. La chose n'a rien qui doive nous étonner, car, si dans l'ensemble des plantes les parties homologues de la cellule présentent une grande analogie de composition chimique, on conçoit cependant qu'il puisse exister, sous ce rapport, d'une plante à l'autre, pour un même tissu, certaines différences que des procédés techniques délicats sont susceptibles de mettre en évidence. Dans ce genre de recherches, chaque plante exige pour ainsi dire une technique spéciale.

A l'état de repos, la cellul-emère pollinique adulte a une forme arrondie ou ovoïde; son noyau est excentrique et presque toujours très rapproché de la paroi cellulaire (pl. IX, fig. 1). Le reste de la cellule, sauf l'étroit espace compris entre la paroi et le noyau, est occupé en majeure partie, dans la plupart des cas, par des grains d'amidon inclus dans autant d'alvéoles cytoplasmiques. Le contenu cellulaire renferme également une petite quantité de tanin, dont les réactions sont surtout accentuées dans l'assise nourricière des sacs polliniques et dans les éléments sécréteurs spéciaux disséminés dans le tissu conjonctif de l'anthère.

Au début des prophases de la division, le protoplasme prend un aspect filamenteux autour du noyau et refoule légèrement l'amidon à quelque distance (fig. 2). Un peu plus tard, on voit des faisceaux de fils, partant de la membrane nucléaire dans des plans différents, se terminer en pointe libre dans le cytoplasme ou converger en des points occupés soit par de petits amas de substance granuleuse plus colorable, soit par des corps plus nettement définis, qui leur servent en quelque sorte de point d'attache. Le nombre de ces faisceaux de fils est variable, mais peu élevé. Dans la figure 3, l'un d'eux est pourvu à son extrémité d'un corps plus colorable; les deux autres n'en offrent pas. Dans la figure 4, où deux faisceaux coniques se trouvaient dans le même plan, l'un d'eux présentait à l'une de ses extrémités plusieurs granules ou corpuscules distincts, l'autre un corps plus gros,

violacé à la périphérie, avec un corpuscule central verdâtre.

Ailleurs on trouvait un ou deux corpuscules un peu plus gros que les précédents, dépourvus de zone colorée et offrant souvent eux-mêmes une teinte rouge orangé (fig. 5). Par la méthode de Heidenhain, ces corpuscules se colorent en noir.

Je ne prétends pas identifier complètement, au point de vue morphologique, les éléments en question avec la généralité des corpuscules polaires ou centrosomes décrits par les auteurs; mais, bien que leur coloration varie suivant les cas, ce qui dans la méthode de Biondi modifiée tient en partie à l'action plus ou moins marquée de l'alcool acidulé employé en lavage, il ne me paraît pas possible de les considérer comme des granulations quelconques du cytoplasme. Cette manière de voir s'appuie surtout sur les stades ultérieurs, durant lesquels on retrouve aux pôles du fuseau les éléments en question, souvent avec des caractères encore plus nets. D'autre part, la teinte verte analogue à celle des chromosomes, qu'ils prennent assez souvent, semble au premier abord fournir un nouvel argument en faveur de leur nature spéciale, car les centrosomes dans les cellules animales offrent fréquemment des réactions colorées plus ou moins analogues à celles des chromosomes. Toutefois, dans le cas présent, la coloration observée n'était pas constante, et je crois que, dans cette question, les caractères morphologiques et les rapports des corpuscules à l'égard des autres parties de la cellule ont plus d'importance que les caractères tirés de leur coloration.

Pendant que l'ébauche du fuseau se constitue de la sorte aux dépens de cette partie du cytoplasme que M. Strasburger désigne, comme on sait, sous le nom de kinoplasme, la structure filamenteuse du noyau fait place aux divers aspects représentés dans les figures 2 et suivantes. Les segments chromatiques, dès qu'ils se montrent libres dans la cavité nucléaire, apparaissent formés chacun de deux moitiés plus ou moins distinctes et courtes. La contraction de

chaque moitié donne bientôt une paire de globules, de sorte que le chromosome à son état définitif est représenté par une tétrade dont les quatre globules sont tantôt dans le même plan, tantôt dans des plans différents. Comme les segments dont elles dérivent, les tétrades sont reliées les unes aux autres par des fils de linine très délicats; elles fixent énergiquement le vert de méthyle.

Je n'ai pas observé l'état particulier que M. Moore (1) a désigné sous le nom de « synapsis » et qui consiste en ce que le filament nucléaire, après son dédoublement longitudinal, mais vraisemblablement avant sa segmentation transversale, se contracte sur un côté de la cavité nucléaire, au contact du nucléole. Il est possible que, malgré le grand nombre de préparations qui ont passé sous mes yeux, ce stade de contraction, considéré comme normal par la plupart des auteurs dans les cellules-mères séminales des animaux et des plantes, existe aussi dans le *Nymphæa*; mais je n'ai pu l'y rencontrer, et l'on peut remarquer à ce sujet que, si MM. Farmer et Moore, Dixon, miss Sargant l'ont signalé dans le *Lilium*, M. Mottier pense au contraire qu'il n'est probablement que le résultat de l'action des réactifs (2).

Les chromosomes se disposent pour la plupart à la périphérie de la cavité nucléaire (fig. 3 à 6, coupe optique médiane). J'ai pu en compter trente-deux dans les noyaux qui se prêtaient à cette numération.

Le nucléole, qui se colore à l'origine en rouge sombre, perd peu à peu son aptitude à la coloration; mais il ne diminue de volume que peu de temps avant la disparition de la membrane nucléaire (fig. 2 à 6).

M. Strasburger assigne aujourd'hui, comme on sait (3), un rôle important au nucléole dans la constitution du

(1) J.-E.-S. Moore, *Quarterly Journal of microscopical Science*, vol. XXXVIII, n° 5, nov. 1895.

(2) David M. Mottier, *Cytologische Studien aus dem Bonner botanischen Institut* (1897, p. 21).

(3) *Karyokinetische Probleme* (Jahrb. für wiss. Bot., t. XXVIII, p. 167).

fuseau. Les noyaux du *Nymphæa* ne se prêtent pas suffisamment à l'étude de cette question spéciale; on peut seulement remarquer que la substance nucléolaire ne doit pas concourir à la différenciation des fils qui forment l'ébauche du fuseau située en dehors de la membrane du noyau.

Dans la figure 6, cette membrane est en voie de résorption; on voit dans la cavité nucléaire des fils achromatiques nombreux qui la traversent en tous sens, en s'attachant aux chromosomes, en partie ramenés de la périphérie dans la région centrale.

Les chromosomes s'orientent pour former la plaque nucléaire (fig. 7 et 8). Celle-ci présente deux rangs parallèles de globules chromatiques. Les chromosomes en tétrade se disposent-ils de telle façon que, pour chacun d'eux, la paire de globules dérivée de l'une des moitiés des segments primitifs se trouve d'un côté du plan équatorial, et l'autre paire de l'autre côté? C'est ce qu'il est impossible de savoir dans le cas actuel; mais, à en juger par les observations que j'ai eu l'occasion de faire sur d'autres plantes, il doit en être ainsi.

Le fuseau comprend, comme à l'ordinaire, deux sortes de fils: les uns discontinus, insérés de part et d'autre du plan équatorial sur chaque moitié des chromosomes; les autres continus, s'étendant sans interruption d'un pôle à l'autre entre les chromosomes. Les premiers, plus épais, sont constitués chacun par un faisceau de fils soudé à un globule chromatique; ces faisceaux dissocient leurs fils dans la région polaire et se confondent avec les fils continus. Ces derniers sont eux-mêmes très difficiles à distinguer dans la région équatoriale.

La formation de fuseaux pluripolaires paraît être assez fréquente dans le *Nymphæa*; mais il ne semble pas qu'elle précède toujours la figure bipolaire définitive. Si toutefois elle est constante, la transformation en faisceau bipolaire doit être bien rapide. Ces faisceaux pluripolaires ont ordinairement trois ou quatre branches, à l'extrémité desquelles

on aperçoit souvent les corpuscules dont il a été question (fig. 11 à 13); cependant il y a des cas où les réactifs n'en indiquent pas la présence à tous les pôles. Je ne puis dire comment ils se transforment, ni si, pour réaliser le fuseau bipolaire normal, les quatre branches d'un fuseau quadripolaire, par exemple, se rapprochent et se fusionnent deux à deux, ou bien s'il y a rétraction et disparition de deux d'entre elles. La figure 14, avec ses trois faisceaux pourvus de corpuscules polaires distincts à leurs extrémités inférieures, pourrait être interprétée dans le premier sens; mais elle ne représente peut-être qu'un fuseau dissocié accidentellement en trois parties.

Le fuseau bipolaire du *Nymphaea* se distingue par des caractères particuliers des fuseaux qu'on observe dans les cellules-mères polliniques chez les autres plantes. Par suite, en effet, de la position excentrique du noyau, ce fuseau, formé sur le côté de la cellule, s'incurve en suivant la paroi cellulaire; de plus, les deux cônes qui le constituent et dont les bases correspondent à la plaque nucléaire, s'allongent en général simultanément, en se courbant de plus en plus (fig. 15). Tantôt elles restent dans un même plan, qui partage la figure de division en deux parties semblables, auquel cas cette figure a la forme d'un croissant renflé au centre, occupé par la plaque nucléaire. Tantôt elles s'écartent du plan médian, et parfois même s'incurvent en s'allongeant, de telle sorte que le fuseau a la forme d'un S tordu sur lui-même. Ce dernier cas, assez rare il est vrai, est représenté dans la figure 17.

Cet allongement singulier paraît être sous la dépendance des corps polaires qui occupent toujours les deux extrémités du fuseau.

Dans les figures 8 et 10, où l'allongement n'est pas encore très marqué, les fuseaux sont vus par la face de la cellule au contact de laquelle se trouvait le noyau avant la division. La première montrait à chaque pôle un corpuscule verdâtre, entouré d'une zone rougeâtre, formant une sphère plus colorée

que le reste du cytoplasme. La seconde ne présente qu'un des deux pôles, occupés par plusieurs corpuscules dépourvus de zone colorée. Celle-ci s'apercevait au contraire très nettement dans la cellule de la figure 9, dont le fuseau est vu obliquement dans la direction de son grand axe, la masse amylacée se trouvant en bas. Parfois la zone colorée est remplacée par une auréole plus claire.

De même, dans le cas des fuseaux incurvés, tantôt les pôles sont occupés par une petite sphère avec un ou plusieurs corpuscules, tantôt on ne voit pas de sphère colorée autour de ces derniers : différence qui peut tenir, soit à l'absence réelle d'une condensation cytoplasmique autour des corpuscules, soit à l'action variable des réactifs. Par la méthode au fer et à l'hématoxyline, on n'observe ordinairement que les corpuscules seuls, ou bien une petite masse confuse de couleur noire.

Qu'ils soient ou non entourés d'une zone colorable, les corpuscules paraissent être toujours en relation directe avec les fils du fuseau. La coloration verte qu'ils prennent parfois, comme on l'a vu, par l'action du mélange de vert de méthyle, de fuchsine et d'orange, semble indiquer une composition spéciale; toutefois on ne peut tirer de ce fait une conclusion ferme, car les centrosomes les mieux différenciés dans les cellules animales ne paraissent pas pouvoir être caractérisés par une composition chimique propre. Il n'en est pas moins rationnel de considérer le corpuscule unique ou le groupe de corpuscules situé à chacun des pôles du fuseau comme représentant un centrosome, ou mieux un centre cinétique. Bien que, durant les prophases de la division, je n'aie pas remarqué d'irradiation nette autour des pôles, des stries bien manifestes pouvaient être distinguées dans plusieurs cas à des stades plus avancés (fig. 19 et 21).

Toutefois, les corpuscules en question paraissent assez souvent faire défaut aux extrémités du fuseau. Ces extrémités se montrent étirées en une pointe grêle terminée elle-même par des granules disposés en file (fig. 16); cet

aspect semble provenir de la désagrégation de corpuscules multiples, auparavant groupés aux pôles. Souvent aussi, cette sorte de queue granuleuse se perd en quelque sorte dans la couche externe du cytoplasme; on en voit partir, du côté interne, des fils hyalins délicats, plus ou moins longs, qui se dirigent dans le cytoplasme, à la périphérie du fuseau.

Les phases qui suivent la bipartition de la plaque nucléaire ne présentent rien de bien spécial. Les corpuscules se retrouvent souvent aux pôles de la figure; quand on en voit deux à l'une des extrémités ou à chacune des extrémités du fuseau, comme dans les figures 18, 20, 22, il n'est pas possible de dire s'ils proviennent de la division d'un corpuscule unique ou s'ils existaient déjà avant la métakinèse, puisque ces éléments peuvent être multiples dès les premiers stades de la division.

Pendant le transport des chromosomes aux pôles, les stries kinoplasmiques partant des corpuscules vers l'intérieur de la cellule, extérieurement au fuseau (fig. 19, 21, 22), deviennent très manifestes. Les deux groupes de chromosomes prennent ensuite un aspect réniforme, en coupe optique. Entre la dépression qu'ils offrent du côté externe et les corpuscules accolés à la membrane, on peut apercevoir encore pendant quelque temps les restes du fuseau (fig. 23); dans cette dépression polaire s'insèrent de nouvelles stries, qui se dirigent à la périphérie des jeunes noyaux et du tonnelet formé par les fils connectifs entre ces derniers. La membrane nucléaire fait son apparition du côté opposé au pôle et paraît presque toujours séparée de la masse chromatique par un espace clair.

Le transport vers les pôles des deux moitiés de la plaque nucléaire s'accompagne souvent d'un redressement du fuseau. Il semble même que, dans certains cas, le fuseau se raccourcisse légèrement. En outre, contrairement à ce qui se passe d'ordinaire, les nouveaux noyaux n'atteignent pas les pôles du fuseau, dont la place est marquée par les

corpuscules (fig. 23) ; ceux-ci ne tardent pas à devenir indistincts dans le cytoplasme.

Les grains d'amidon changent de place et se répartissent vers la périphérie ; puis, lorsque les deux noyaux jumeaux sont définitivement constitués, on les retrouve ordinairement entre ces derniers, dans toute l'épaisseur de la région équatoriale du tonnelet formé par les fils connectifs (fig. 24).

A cette phase, il apparaît souvent, dans le *Nymphaea* comme dans les autres Dicotylédones, chez lesquelles la bipartition nucléaire n'est pas suivie de la bipartition de la cellule, une plaque cellulaire granuleuse transitoire. A une phase ultérieure, quand les noyaux jumeaux sont déjà entrés en division, ainsi qu'en témoigne l'aspect de la figure 25, le tonnelet présente parfois un étranglement occupé par une épaisse lame de substance homogène, à réactions kinoplasmiques, rappelant assez par son aspect le reste fusorial observé dans diverses cellules animales.

La seconde division nucléaire offre la plupart des caractères de la première, surtout au point de vue du fuseau. Quant aux chromosomes, leur petitesse ne permet pas de savoir comment ils se comportent.

J'ai pu observer plusieurs fois, au voisinage du noyau encore pourvu de sa membrane, un petit corps plus colorable que le cytoplasme ambiant, d'où partaient des fils dirigés vers le noyau (fig. 26). Il ne m'est arrivé que très rarement d'avoir sous les yeux des faisceaux pluripolaires.

Les fuseaux bipolaires de la seconde division peuvent offrir à chaque pôle un corpuscule entouré d'une sphère plus ou moins visible (fig. 27 à 33).

Parfois des fils bien marqués partent des pôles et s'avancent jusque dans la région équatoriale de la cellule, à la périphérie du fuseau, autour duquel elles forment une sorte de manteau plus ou moins épais.

Par exemple, dans la figure 27, les fils en question s'étendent pour la plupart jusqu'au niveau de la plaque nucléaire ; dans la figure 31, ils sont plus nombreux et plus développés et for-

ment autour du fuseau nucléaire une enveloppe parfaitement distincte de ce dernier. La présence de ces fils mérite, à mon sens, une attention spéciale, car il me semble bien difficile d'admettre qu'ils se formeraient à partir du pôle s'il n'existait pas là un centre spécial leur servant de point de départ. En supposant que, dans les figures 19 et 30, les stries qui convergent vers le pôle, en dehors du fuseau, soient produites par l'allongement des extrémités de ce dernier et par un refoulement du cytoplasme, ce qui n'est d'ailleurs pas vraisemblable, on ne peut pas expliquer de la même façon le développement des fils périphériques de la figure 31. Il semble donc que l'action des corps polaires, après s'être pour ainsi dire concentrée sur la formation des fils du fuseau, peut déterminer l'apparition de nouveaux fils kinasmiqes extérieurs au fuseau lui-même. Un semblable phénomène est indiqué par M. Swingle pour les noyaux en division dans le *Sphacelaria scoparia* (1).

NUPHAR LUTEUM

(Pl. X, fig. 1-10.)

La technique précédemment décrite convient aussi pour l'étude de cette plante, qui diffère de la précédente par plusieurs caractères.

Les cellules-mères polliniques, un peu plus grandes que celles du *Nymphæa*, ont aussi un cytoplasme alvéolaire entièrement occupé par des grains d'amidon. On y retrouve les réactions du tanin. Leur noyau, au lieu d'être excentrique, est presque toujours central, et la forme des figures de division rentre dans le type ordinaire (2).

Les chromosomes du *Nuphar* sont plus gros et il n'y en a que seize (Pl. X, fig. 1 et 2). Cette différence du simple au

(1) *Cytologische Studien*, pl. XVI, fig. 20, 21, 27.

(2) Dans cette plante, comme dans le *Nymphæa*, on rencontre de temps en temps des cellules-mères polliniques différenciées en dehors des sacs polliniques dans le parenchyme conjonctif de l'anthère, et présentant les stades ordinaires de la division.

double dans le nombre des segments chromatiques comparé à celui qu'on trouve dans le *Nymphæa*, paraîtra moins surprenante si l'on se rappelle que chez les Liliacées, par exemple, il y a des genres où le nombre des chromosomes dans les noyaux des cellules-mères polliniques en division est de douze, tandis qu'il descend à huit dans d'autres genres.

La formation des tétrades peut être facilement suivie dans le *Nuphar*, à partir du moment où les segments chromatiques libres apparaissent composés chacun de deux moitiés parallèles ; mais, après la contraction, qui a pour résultat de grouper les quatre globules chromatiques soit dans un seul plan, en carré ou en losange (fig. 3), soit aux angles d'un tétraèdre, il n'est plus possible de distinguer l'une de l'autre les deux paires de globules qui proviennent respectivement des deux moitiés parallèles des segments primitifs. Avant la disparition de la membrane nucléaire, ces chromosomes sont reliés les uns aux autres par des fils de linine finement granuleux, souvent en rapport avec chacun des globules des tétrades. Ils occupent pour la plupart, comme dans le *Nymphæa*, la périphérie de la cavité nucléaire.

Cette forme des chromosomes ressemble tout à fait à celle que plusieurs zoologistes ont décrite sous le nom de « groupes quaternes », principalement chez les Copépodes (1), et qu'on a trouvée également dans certains cas chez les plantes, par exemple dans les cellules-mères des spores des Fougères (2). Elle doit même probablement être plus fréquente qu'on ne peut en juger par les exemples aujourd'hui connus. Pour les raisons que j'ai indiquées à propos du *Nymphæa*, il n'est pas douteux que les deux paires de globules chromatiques de chaque tétrade se disposent dans la plaque nucléaire de chaque côté du plan équatorial.

(1) V. Häcker, *Fortpflanzungsvorgänge der Tiere und Pflanzen* (Biol. Centr., t. XVII, p. 733).

(2) G. Calkins, *Chromatine-reduction and Tetrad-formation in Pteridophytes* (Bull. of the Torrey Botanical Club, vol. XXIV, p. 107).

Au début des prophases de la division, on trouve fréquemment des fuseaux pluripolaires, dont les branches montrent souvent à leur extrémité un corpuscule ou un granule plus colorable que le reste du cytoplasme, ou même une petite sphère plus ou moins distincte (fig. 4 et 5). Aux stades ultérieurs, les corpuscules polaires peuvent présenter les caractères de ceux du *Nymphæa* ; mais en général ils m'ont paru moins nets et très difficiles à mettre en évidence. Les figures 6 à 10 représentent quelques cas où leur présence n'était pas douteuse.

La figure 7 montre une plaque nucléaire des plus régulières et un fuseau de forme et de grandeur normales. A la métakinèse, les tétrades changent d'aspect ; les deux paires d'éléments chromatiques, situés dans chacune d'elles, de part et d'autre du plan équatorial, se séparant l'une de l'autre, les globules prennent la forme de bâtonnets réunis deux à deux par leurs bouts tournés vers le pôle (fig. 8 et 9). Pendant la seconde division (fig. 10), il semble que chaque chromosome, avant la métakinèse, n'est plus formé que de deux globules chromatiques ; s'il en est bien effectivement ainsi, c'est une nouvelle analogie avec ce qui se passe dans les cellules animales dont il a été question précédemment.

Dans la seconde division, comme dans la première, les fuseaux restent toujours droits et réguliers.

LIMODORUM ABORTIVUM

(Pl. X, fig. 11-34.)

Les sacs polliniques du *Limodorum* sont les plus gros parmi ceux de nos Orchidées indigènes. Non seulement les divisions nucléaires s'y rencontrent à différents états suivant les niveaux, mais une même coupe transversale peut présenter toutes les transitions entre les stades les plus voisins. Les matériaux ont été fixés et colorés par les méthodes indiquées précédemment.

Les cellules-mères adultes renferment des grains d'amidon,

mais ils y sont moins nombreux que dans les deux plantes étudiées plus haut. Au stade où les segments chromatiques se sont déjà formés (fig. 11), le protoplasme offre des fils granuleux qui partent de la membrane nucléaire et vont s'entre-croiser à quelque distance. Cette disposition fait place, tout au moins dans un certain nombre de cas, à l'aspect représenté dans la figure 12, où les fils kinoplasmiques contournent au contraire la surface du noyau et forment une couche plus condensée. Dans le voisinage de la membrane nucléaire, j'ai vu parfois un petit amas de substance plus colorable assez mal délimité, destiné peut-être à concourir à la formation du fuseau.

Un peu plus tard, ce dernier fait son apparition dans le cytoplasme, en dehors de la membrane nucléaire encore intacte (fig. 13, 14, 18). Le nombre des faisceaux de fils est variable : tantôt il n'y en a que deux dès l'origine, à peu près opposés l'un à l'autre dans un même plan ; tantôt trois ou un nombre plus élevé dans des plans différents. Les mêmes variations s'observent après la résorption de la membrane nucléaire (fig. 15, 16, 17, 19 à 24) ; les chromosomes sont alors serrés les uns contre les autres et complètement entourés par les fils achromatiques. La forme de la cellule paraît avoir une certaine influence sur celle du fuseau à l'origine. On peut dire cependant que, dans la majorité des cas, la forme pluripolaire précède la forme bipolaire définitive.

A l'extrémité de plusieurs d'entre les branches du fuseau, on aperçoit souvent un granule ou un petit amas de substance plus colorable que le reste du cytoplasme. Ces petits corps sont de grosseur inégale ; plusieurs ont un ou deux corpuscules entourés d'une zone hyaline ; mais cette auréole transparente est peut-être due à l'action des réactifs. Il y a des fuseaux pluripolaires dont les branches ne laissent apercevoir aucun des corps en question, ou n'en possèdent qu'au sommet de quelques-unes d'entre elles (fig. 23).

Pendant la formation de la figure bipolaire, ce sont les branches les plus rapprochées de la place occupée plus

tard par les deux pôles définitifs, place déterminée surtout par la forme de la cellule, qui semblent persister ; les autres disparaissent. Dans plusieurs cas, il y a tout lieu de croire que deux ou plusieurs branches peuvent se rapprocher et se fusionner, ainsi que l'ont pensé M. Strasburger (1) et M. Mottier (2) pour des cas analogues. Mais, tandis que ces observateurs croient que, chez les Cormophytes, il n'existe, à un stade quelconque de la division, aucun corps différencié aux pôles du fuseau, il en est autrement dans le cas actuel, comme dans les deux plantes étudiées précédemment. Au stade bipolaire, il m'est même arrivé plusieurs fois d'observer une irradiation astériforme au pôle du fuseau (fig. 25). S'il y a dans le *Limodorum*, comme ailleurs, des cas nombreux où l'on n'aperçoit pas de corps spécial aux pôles, il en est d'autres où ces derniers sont occupés par un ou plusieurs corpuscules auxquels il serait difficile de refuser toute importance.

On pourrait objecter que ces corps, quand ils existent aux pôles, s'y trouvent d'une façon purement accidentelle, et le *Limodorum* semble même, pour la raison suivante, fournir un argument en faveur de cette manière de voir. Pendant les stades représentés dans les figures 26 à 30, on remarque parfois, en effet, dans le cytoplasme, en dehors de la figure de division, quelques granules semblables à ceux qui se trouvent aux pôles, sous le rapport de la grosseur et de la teinte verte qu'ils conservent après l'action du mélange de vert de méthyle, de fuchsine acide et d'orange, suivie du lavage à l'alcool acidulé. Mais on sait que même les centrosomes les plus évidents, dans les cellules animales, ne présentent pas toujours des réactions colorantes spécifiques et que, de plus, leur façon de se comporter à l'égard d'un même réactif colorant peut changer suivant les conditions.

Je pense donc que les corpuscules polaires du *Limodorum* représentent réellement des centres cinétiques, d'autant

(1) *Cytologische Studien*, p. 239.

(2) *Ibid.*, p. 27.

qu'ils peuvent être entourés parfois, comme on l'a vu, d'une striation spéciale. Il est à remarquer aussi que les grains d'amidon, disséminés dans le cytoplasme avant la formation du fuseau bipolaire, s'accumulent plus tard autour des pôles aux deux extrémités du fuseau (fig. 26 à 30).

Je n'insisterai pas sur la manière d'être des chromosomes aux diverses phases de la division. Après leur formation aux dépens du filament nucléaire, chacun d'eux se compose de deux moitiés accolées qui se contractent comme à l'ordinaire, mais sans donner ensemble une tétrade régulière comme dans le *Nuphar*; cette contraction est en quelque sorte poussée plus loin, de façon que le chromosome adulte apparaît formé de deux corps presque arrondis et plus ou moins distincts. Ces deux moitiés se disposent dans la plaque nucléaire de chaque côté du plan équatorial (fig. 26 à 29).

Pendant leur transport vers les pôles, elles s'allongent en forme de bâtonnets courts, mais il n'est pas possible ici de savoir avec certitude si chacune d'elles fournit deux bâtonnets soudés à leur extrémité tournée vers le pôle (fig. 30 à 32).

Cette première division nucléaire n'est pas suivie de la division cellulaire. On sait d'ailleurs que, sous ce rapport (1), les Orchidées font exception parmi les Monocotylédones.

Quant à la seconde division, elle présente aussi des formes pluripolaires au début, qui deviennent ensuite constamment bipolaires (fig. 33 et 34).

MAGNOLIA

(Pl. XI, fig. 1-36.)

Les deux espèces étudiées sont le *Magnolia Yulan* et l'une de ses variétés, le *M. Soulangeana*, qui n'en diffère sous aucun rapport au point de vue qui nous occupe.

Les cellules-mères polliniques ne contiennent pas d'amidon. Mais dans un assez grand nombre d'entre elles, avant

(1) L. Guignard, *Développement du pollen des Orchidées* (Ann. des Sc. nat. Bot., 6^e série, t. XIV).

et pendant la division, il y a des granulations qui, sans être de nature grasseuse dans toute leur masse, car elles ne se dissolvent pas dans l'alcool absolu, l'éther, le chloroforme, etc., réduisent fortement l'acide osmique et par suite deviennent noires par l'action du liquide de Flemming, employé comme agent fixateur. L'abondance de ces granulations ne semble pas dépendre du stade considéré : il y a des cellules qui n'en offrent presque pas, même au début de la division, tandis que d'autres en renferment à tous les stades ; c'est d'ailleurs pendant la première division qu'elles prédominent. Pour éviter leur coloration en noir, j'ai employé comparativement une solution aqueuse d'acide picrique renfermant, pour 100 p., 1 gramme de perchlorure de fer officinal. Les coupes ont été colorées surtout par la méthode de Reinke, laquelle consiste, comme on sait, dans une modification de celle de Flemming, et par celle de Heidenhain. Dans ce dernier cas, pour teinter en rose les éléments achromatiques, on peut ajouter à la solution d'hématoxyline une très petite quantité de fuchsine acide, sur laquelle l'alun de fer n'a pas sensiblement d'action décolorante.

Pendant que le filament chromatique du noyau s'épaissit, des fils kinoplasmiques excessivement délicats se différencient dans la cellule ; les granulations, qui noircissent par l'acide osmique, s'y montrent disséminées partout ou plus ou moins groupées en certains points (pl. 11, fig. 1). Les fuseaux pluripolaires prennent naissance avec un nombre variable de branches, au sommet desquelles on voit parfois distinctement une agglomération de corpuscules excessivement fins (fig. 2 à 4). En supposant que la formation de ces fuseaux pluripolaires soit normale, leur durée est certainement très courte, car on n'en trouve jamais qu'un fort petit nombre.

Les fuseaux bipolaires présentent des aspects assez divers (fig. 5 à 11). Les uns, vus par le côté, sont aplatis et comme tronqués aux pôles, avec leurs fils achromatiques presque parallèles ; de sorte que la figure a la forme d'une gerbe

dans laquelle on remarque parfois des faisceaux de fils encore plus ou moins distincts à leurs extrémités (fig. 5). C'est là évidemment une forme de passage. Quand les matériaux ont été fixés avec le liquide de Flemming, toute la surface polaire peut être occupée par une plaque de granulations noires. Sur les faces latérales du fuseau, le cytoplasme s'accumule fréquemment en une couche concentrique plus dense, dans laquelle peuvent se trouver aussi quelques granulations noires semblables à celles des pôles. Quand la cellule-mère ne renferme pas de ces granulations noires, ou que la fixation a eu lieu avec la solution picro-ferrique, les fils achromatiques du fuseau ne paraissent souvent être en rapport, aux pôles, avec aucun corpuscule différencié; parfois cependant on y observe de très petits granules un peu plus colorables que les fils qu'ils terminent, et qui ne sont pas de même nature que les granulations noires. Celles-ci ne fixent pas les matières colorantes et ne peuvent par conséquent être confondues avec les corpuscules polaires signalés dans les plantes étudiées précédemment. Elles sont simplement entraînées, quand elles existent, aux pôles du fuseau. Cet entraînement est sous la dépendance des forces qui se manifestent dans l'établissement de la figure polaire.

D'autres fuseaux, que je considère comme plus âgés, ont leurs fils plus convergents aux extrémités polaires; ils n'offrent plus de faisceaux distincts et se rapprochent davantage de la forme ordinaire. Tel est le cas de la figure 6, représentant évidemment un stade plus avancé que la figure précédente. Les granulations noires étaient toutes concentrées aux deux pôles, et il n'y avait pas de condensation cytoplasmique autour du fuseau.

Parfois les fils du fuseau convergent déjà régulièrement en un même point à l'un des pôles, tandis qu'ils sont encore plus ou moins écartés à l'autre pôle. Dans la figure 8, on voit au pôle inférieur trois amas granuleux distincts.

Dans les figures 7, 9, 10, 11, la forme bipolaire définitive est constituée. Le nombre et la distribution des granulations

noires varient suivant les cas; mais, à cette phase, elles sont toujours plus abondantes aux pôles que dans le reste de la cellule; parfois l'une des régions polaires en possède beaucoup plus que l'autre (fig. 12). Ces granulations sont plongées dans un amas de substance plus dense et plus colorable que le reste du cytoplasme, mais dans lequel je n'ai pu apercevoir, au stade de la plaque nucléaire, et seulement dans quelques cas, qu'un ou plusieurs corpuscules comparables aux centrosomes. La figure 10 représente un de ces cas; les pôles sont occupés chacun par un très petit groupe de corpuscules excessivement fins, entouré d'une zone hyaline en dehors de laquelle se trouvent les granulations noires. Comme les matériaux fixés au liquide de Flemming avaient été colorés par la méthode de Heidenhain, ces corpuscules eux-mêmes étaient noirs. Pas plus à cette phase de la division qu'aux phases antérieures, je n'ai pu remarquer de striation radiaire aux pôles du fuseau; mais on verra dans un instant que la striation peut apparaître à un stade ultérieur.

L'accumulation des granulations noires aux pôles du fuseau me paraît offrir, dans le *Magnolia*, un intérêt particulier; car, alors même qu'on n'y observe pas de corpuscules spéciaux, elle témoigne de l'existence de deux centres d'attraction. Il serait difficile, en effet, d'admettre que l'accumulation dont il s'agit est la conséquence d'une action répulsive s'exerçant à partir de la région équatoriale, sous l'influence des chromosomes de la plaque nucléaire.

Ces chromosomes, à partir du moment où ils apparaissent distincts dans la cavité du noyau, comprennent chacun deux moitiés en forme de bâtonnets courts, qui se contractent peu à peu de façon à devenir globuleuses, au stade de la plaque nucléaire, et se placent de chaque côté du plan équatorial (fig. 6 à 11). Les chromosomes sont en nombre élevé, une quarantaine environ.

C'est au stade de la métakinèse qu'on arrive de temps en temps à distinguer des stries polaires extérieures au fuseau et se dirigeant principalement du côté de l'équa-

teur. Ces stries sont bien nettes dans la figure 12, dont la comparaison avec les autres figures représentant le même stade montre que les dimensions des fuseaux nucléaires peuvent être assez différentes. Elles atteignent bientôt la région équatoriale, s'y rejoignent et s'étendent jusqu'à la surface du cytoplasme (fig. 13 et 14). C'est à peine si l'on peut voir, en général, aux pôles du fuseau, un amas de substance plus condensée; parfois, une auréole transparente se dessine autour d'un corps à peine colorable occupant le pôle (fig. 14). Des granulations noires peuvent également s'y trouver sous forme d'amas (fig. 15), ou bien se montrer éparses entre les stries qui partent du pôle, comme si la formation de ces dernières les refoulait à quelque distance (fig. 13).

Laissant de côté les stades ultérieurs, pendant lesquels les deux nouveaux noyaux se constituent suivant le mode ordinaire, j'arrive maintenant à la division de la cellule.

On sait que chez les Monocotylédones, à part quelques cas exceptionnels parmi lesquels les Orchidées représentent le plus frappant, la première division du noyau de la cellule-mère pollinique est suivie de la division de la cellule elle-même, et ce n'est qu'après la formation d'une cloison cellulosique que la seconde division nucléaire se produit. Chez les Dicotylédones, au contraire, la première division du noyau n'est pas suivie du cloisonnement de la cellule; celui-ci n'a lieu qu'après la seconde division nucléaire. On ne connaît jusqu'ici, chez les Dicotylédones, aucune exception à la quadripartition simultanée de la cellule-mère pollinique. Or, les *Magnolia* ne présentent ni l'un ni l'autre de ces deux modes typiques de division de la cellule-mère.

Le tonnelet formé par les deux premiers noyaux et les fils connectifs offre bien tout d'abord les caractères ordinaires : il s'élargit à l'équateur par suite de la formation de nouveaux fils, jusqu'à occuper toute la largeur de la cellule (fig. 17 et 18). Avant de venir toucher la paroi de cette dernière, les fils sont, comme d'habitude, plus gros et plus colo-

rables dans la région médiane du tonnelet (fig. 17). Mais, même après que le contact s'est établi, il n'apparaît pas de plaque granuleuse, à l'équateur; les fils semblent s'y souder plusieurs ensemble, laissant entre eux des espaces clairs (fig. 18 et 19). Bientôt après, sur toute la périphérie de la cellule et dans le plan équatorial, une proéminence interne se forme, qui fait corps avec la paroi, dont elle possède dès l'origine tous les caractères. En coupe optique, la proéminence annulaire offre, de chaque côté de la cellule, l'aspect d'une pointe ou d'un coin plus ou moins saillant vers l'intérieur.

Ce mode de formation de la cloison rappelle celui qu'on connaît chez les *Spirogyra* et les *Cladophora*. Toutefois, dans le *Magnolia*, là où la cloison commence, on n'aperçoit pas une accumulation de granules cytoplasmiques aussi prononcée que dans ces algues, et, bien que l'anneau cellulosique soit dès l'origine relativement plus épais que dans le *Spirogyra*, l'épaisseur des fils connectifs n'augmente pas sur le bord interne de l'anneau dans une proportion en rapport avec l'accroissement de ce dernier. Je pense néanmoins que la substance constitutive des fils s'amasse sur le bord de l'anneau, au fur et à mesure qu'il s'accroît. Les réactions de la nouvelle membrane sont semblables à celles de la paroi de la cellule-mère : dans les préparations traitées par la méthode de Flemming, l'une et l'autre se colorent par le violet de gentiane.

Au fur et à mesure que l'anneau s'avance vers l'intérieur, les fils connectifs situés de part et d'autre disparaissent. Mais l'étranglement de la cavité cellulaire ne progresse pas jusqu'au cloisonnement complet; il s'arrête en général quand la largeur de la bande annulaire égale environ le diamètre de l'isthme ou pont protoplasmique qui réunit les deux moitiés de la cellule (fig. 20, 21, 22, 24, 26, 27). La cellule-mère ressemble alors d'assez près à certaines Desmidiées, telles que les *Cosmarium*. Exceptionnellement, le diaphragme est moins développé et le pont plus large (fig. 25).

Il est excessivement rare de voir la cloison se compléter avant la seconde division nucléaire. Le pont protoplasmique,

formé par la partie centrale du tonnelet connectif, garde pendant quelque temps l'aspect nettement filamenteux; puis les fils deviennent moins distincts, mais leur place reste occupée par des granules assez gros (fig. 22 et 24). Rien ne prouve que, si le cloisonnement reste incomplet, c'est parce que la seconde division intervient avant qu'il n'ait eu le temps de s'achever. Le temps qui s'écoule, en effet, à partir de la naissance de la cloison jusqu'à cette seconde division paraît être relativement long, à en juger par le grand nombre de cellules qui présentent, dans les préparations observées, les états représentés par les fig. 21 à 27. C'est sans doute aussi la durée du stade en question qui permet à la cloison de s'épaissir souvent d'une façon notable, du côté externe surtout, là où elle se raccorde avec la paroi de la cellule-mère (fig. 22, 25, 26).

La seconde division nucléaire rappelle la précédente par la plupart de ses caractères. On y retrouve l'ébauche pluripolaire des fuseaux (fig. 23). Le cytoplasme peut renfermer aussi des granulations noires, mais moins nombreuses que précédemment; ces granulations s'amassent de même souvent aux pôles du fuseau (fig. 26).

Pendant le premier stade et même jusqu'à la constitution définitive des fuseaux, le pont protoplasmique ne change presque pas d'aspect (fig. 22, 24); mais, aussitôt après la métakinèse, des fils cytoplasmiques partent des pôles de chaque fuseau pour traverser le pont dans toute son épaisseur, préparant ainsi l'achèvement de la cloison restée incomplète (fig. 25, 26, 27). Cet achèvement se produit en effet un peu avant que les deux cellules-filles ne se cloisonnent à leur tour (fig. 28). Ce dernier cloisonnement commence d'ailleurs de la même façon que le premier, mais il est plus rapide et se continue sans interruption jusqu'à la division complète des cellules-filles.

On voit ainsi que, sous le rapport de la formation des cloisons dans la cellule-mère pollinique, les *Magnolia* nous offrent un cas tout particulier; ils sont intermédiaires entre

les Monocotylédones et les Dicotylédones, mais se rapprochent plus en réalité des premières que des secondes.

Je terminerai cette description en signalant brièvement quelques autres faits observés dans l'assise nourricière des sacs polliniques.

Les cellules qui forment cette assise atteignent, comme on sait, une grosseur variable suivant les plantes et sont caractérisées notamment par la présence de deux noyaux dans chacune d'elles. En général, ces deux noyaux, d'abord distincts et séparés, puis rapprochés ou accolés, ne subissent plus de division avant la destruction de l'assise nourricière.

Mais il n'en va pas toujours ainsi dans les *Magnolia*. Ces deux noyaux déjà formés, comme à l'ordinaire, avant le moment où les cellules-mères polliniques commencent à se diviser, peuvent parcourir en même temps que ces dernières les divers stades de la karyokinèse.

A l'état de repos, les deux noyaux sont accolés (fig. 29). Ils entrent simultanément en division et donnent des figures pluripolaires, dans lesquelles les chromosomes de chacun d'eux forment d'abord deux groupes distincts (fig. 30). Souvent le cytoplasme renferme des granulations noires, qui se portent aux pôles; puis les deux groupes de chromosomes se confondent et présentent des dispositions variables, suivant la direction des fuseaux, qui, pendant ce temps, se différencient plus nettement et tendent vers la forme bipolaire, sans toutefois s'isoler l'un de l'autre.

En général, ces deux fuseaux se confondent d'abord par celles de leurs moitiés qui se trouvaient rapprochées dès l'origine ou qui parfois possédaient un pôle commun (fig. 31 à 33). Leurs plaques nucléaires, obliques l'une sur l'autre, prennent un aspect de plus en plus régulier, et se placent ensuite dans le même plan équatorial. Les deux autres moitiés des fuseaux, d'abord écartées, se confondent à leur tour, et finalement plus rien n'indique l'origine double du fuseau définitif (fig. 34 à 35). La division suit son cours ordinaire et donne ainsi deux nouveaux noyaux, que rien ne distingue

de ceux dont ils proviennent. Le phénomène ne se produit pas dans toutes les cellules de l'assise nourricière.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Il me paraît utile maintenant, pour interpréter les faits qui précèdent, de rappeler aussi brièvement que possible les résultats auxquels a conduit, chez les animaux et les plantes, l'étude des éléments spéciaux, sphères attractives et centrosomes, qui entrent en jeu dans la division nucléaire (4).

Le plus souvent, la sphère attractive renferme un corpuscule central distinct, plus colorable : c'est le « centrosome » de la plupart des auteurs, ou le « centriole » de M. Boveri. Dans ses observations sur l'*Ascaris*, cet auteur a appliqué, en effet, le nom de centrosome à la fois au petit corps en question et à la substance condensée qui l'entoure immédiatement et qui représente la « zone médullaire », ou zone interne de la sphère attractive de M. E. Van Beneden.

La sphère proprement dite, qui renferme le centrosome, n'a pas d'importance fondamentale ; elle est le résultat d'une différenciation subordonnée aux conditions physiologiques. Elle varie de grosseur et peut disparaître ; sa transmission d'une cellule à l'autre s'observe surtout dans les cellules où les divisions se succèdent rapidement.

Dans les cellules animales à l'état quiescent, elle n'est souvent indiquée autour du centrosome que par une légère condensation protoplasmique. Parfois même elle se désagrège pour se reconstituer à un moment donné. C'est ainsi que, dans les spermatogonies de la Salamandre, M. Meves l'a trouvée, suivant les conditions, tantôt à l'état consolidé, tantôt à l'état granuleux, et cette métamorphose se produisait en dehors de toute division nucléaire.

Les caractères morphologiques de la sphère varient aussi selon qu'elle est pourvue de stries radiaires ou selon qu'elle

(4) Cette question, avec la bibliographie, est exposée dans les diverses Revues sur la cellule publiées par M. Flemming et par M. Meves.

en est dépourvue. La substance qui la forme se différencie parfois en deux zones : l'une claire au centre, l'autre granuleuse à la périphérie ; elle est souvent mal délimitée et d'une réfringence différente de celle du protoplasme ambiant. La striation radiaire peut partir en partie du centrosome, en partie de la région centrale de la sphère, et se différencie surtout à la périphérie. A la substance constitutive de la sphère correspond « l'archoplasme » de M. Boveri et le « kinoplasme » de M. Strasburger.

En somme, dans les cellules animales, c'est le centrosome qui constitue l'élément fondamental de la sphère, puisqu'il est souvent le seul qui persiste ; c'est lui aussi qui présente le plus d'affinité pour les matières colorantes. Toutefois, le centrosome n'est pas toujours visible dans la sphère : tel est, par exemple, d'après M. Van der Stricht, le cas des cellules pigmentaires de l'œil du Chat, dans lesquelles la sphère est formée tantôt de filaments irradiés, tantôt de filaments enchevêtrés en feutrage, ainsi que M. W. Zimmermann l'a vu aussi dans d'autres cellules pigmentaires.

Si le centrosome est représenté ordinairement par un corps homogène, il paraît quelquefois offrir une structure alvéolaire, comme la substance de la sphère elle-même. Son aspect varie surtout pendant les diverses phases de la division nucléaire. Les auteurs sont loin d'ailleurs de s'accorder sur ses caractères morphologiques.

Le plus souvent, il n'y a qu'un seul centrosome dans la sphère ; mais le fait n'est pas constant. M. Niessing a vu ordinairement deux ou trois corpuscules centraux dans les cellules quiescentes du foie et de la rate de la Salamandre. M. Henneguy avait déjà signalé, dans les grands blastomères de la Truite, des sphères attractives dans lesquelles le centrosome était représenté par un amas linéaire de granulations inégales. M. Lenhossek a trouvé dans les cellules du ganglion spinal de la Grenouille un corps sphérique, renfermant au centre un amas de granules très fins. M. Murrich a fait une observation semblable dans d'autres cas. Mais ce

sont surtout les recherches de M. Heidenhain qui ont attiré l'attention sur la multiplicité des corpuscules centraux. Dans les cellules géantes de la moelle osseuse des Mammifères, il en a vu tantôt un ou deux, tantôt trois ou quatre de grosseur inégale; souvent aussi, un très grand nombre de ces éléments se trouvent situés côte à côte et forment ce qu'il appelle un « microcentre ». Le centrosome typique se trouve ici remplacé par un groupe de corpuscules, et ce groupe se divise, comme les centrosomes ordinaires, au début de la division nucléaire.

Les réactions des centrosomes sont loin d'être spécifiques. Tantôt elles se rapprochent de celles de la chromatine, tantôt de celles des nucléoles. M. Boveri, M. Niessing et d'autres cytologistes sont d'avis qu'il faut renoncer, pour le moment, à caractériser ces corps par leur composition chimique et par la façon dont ils se comportent à l'égard des matières colorantes. Leur caractère distinctif consiste uniquement dans leur situation au centre d'une sphère ou d'une irradiation cytoplasmique; toute définition d'ordre chimique ne repose que sur des caractères contingents.

Le centrosome est ordinairement situé au voisinage du noyau, parfois accolé à la membrane de ce dernier. Parfois aussi, il est éloigné du noyau et voisin de la surface du corps protoplasmique. Parmi les exemples connus de cette situation périphérique des centrosomes, l'un des plus intéressants est fourni par les spermatogonies de la Salamandre et des Insectes. M. Meves et M. Henneguy (1) ont constaté que ces corps servent de point d'insertion aux cils que l'on remarque à la surface de ces cellules. Les cils vibratiles des branchies, chez divers Mollusques, s'insèrent également sur autant de corpuscules, constituant vraisemblablement, à la surface externe de la cellule, un microcentre. On sait encore que, dans plusieurs cas, le filament axile de la queue du spermatozoïde naît en rap-

(1) M. Henneguy donne un aperçu général de la question dans son travail *Sur les rapports des cils vibratiles avec les centrosomes* (Arch. d'Anat. microsc., t. I, 1898).

port avec les centrosomes à la périphérie des spermatides.

On ne peut s'empêcher de rapprocher ces dernières observations des faits découverts dans ces derniers temps, au sujet de la formation des cils des anthérozoïdes, par M. Belajeff chez les Fougères, par M. Ikeno et M. Webber chez les Cycadées et par M. Hirase chez le Ginkgo. Dans le *Zamia*, les corps qui se métamorphosent pour former les cils présentent les plus grandes analogies avec les centrosomes ; toutefois, la chose est moins évidente dans les autres cas (1), pour lesquels de nouvelles recherches sont encore nécessaires, et il n'est pas encore possible de préciser exactement les rapports du « blépharoplaste » avec les éléments centrosomiens.

On voit par ce qui précède que, dans les cellules animales, les corps centrosomiens présentent, sous tous les rapports, des caractères très variables.

Si nous passons maintenant aux observations faites sur les plantes, nous verrons que les mêmes corps peuvent offrir, chez les Thallophytes et les Bryophytes, deux aspects différents. Les stries radiaires s'insèrent tantôt sur un corpuscule central ou centrosome, tantôt sur une masse plasmique sans corpuscule central, que M. Strasburger appelle « centroplaste ». Le premier cas a été rencontré dans le *Fucus* et le *Sphacelaria*, le second dans les Ascomycètes (*Peziza*, *Ascobolus*, *Erysiphe*).

Dans les *Fucus*, les oogones en voie de développement et les œufs en voie de segmentation ont montré à M. Strasburger (2) des centrosomes entourés de stries radiaires bien différenciées. Au début, on voit les stries partir du centrosome ; puis, quand elles sont complètement développées, leur coalescence autour du centrosome donne l'apparence d'une

(1) Dans un second mémoire qui vient de paraître sur le Ginkgo, M. Hirase s'exprime comme il suit au sujet du corps en question : « D'après M. Ikeno, qui a découvert chez le *Cycas* un corps sphérique semblable à celui que M. Webber a vu dans le *Zamia*, cette sphère n'est qu'un centrosome, ce qui s'accorde parfaitement avec ma propre opinion sur ce corps. » (*Journ. of the Coll. of Sc., Tokyo*, vol. XII, juin 1898.)

(2) *Cytologische Studien*, p. 202.

sphère homogène ou « centrosphère ». Tandis que cette dernière n'est pas une formation permanente, le centrosome persiste d'une division à l'autre en se partageant sans changer sensiblement de grosseur. Il est d'ailleurs fort petit, et toujours situé au contact du noyau pendant l'état de repos. Dans ces plantes, les asters sont très développés aux pôles du fuseau. Au contraire, dans le *Pellia*, étudié antérieurement par M. Farmer (1) et par M. Strasburger (2), les asters disparaissent peu à peu pendant la formation du fuseau ; la centrosphère, avec ou sans corpuscule central visible, devient alors indistincte ; on ne la voit pas non plus pendant l'état de repos.

Dans le *Sphacelaria*, dont M. Swingle (3) a repris l'étude détaillée après M. Strasburger, les centrosomes, au lieu d'être ronds, sont de petits corps toujours allongés en forme de massue ou d'haltère. Ils varient de grosseur et d'aspect suivant l'âge du noyau et suivant le stade de la division. La méthode de Heidenhain les laisse colorés en noir de jais, alors que les fils radiaires sont décolorés. Dans les petites cellules, il n'est pas possible de les apercevoir ; on ne voit que les stries qui convergent en un point de la membrane nucléaire. Contrairement à ce qui se passe dans beaucoup de cellules animales, où les centrosomes sont à une distance variable du noyau, ils sont toujours unis à la membrane nucléaire dans le *Sphacelaria*. Ils ne s'y montrent pas entourés d'une sphère de substance plus condensée. Par leur structure, ils se rapprochent des corpuscules centraux décrits par M. Heidenhain dans les leucocytes du Lapin.

Rappelons aussi, à propos des Algues, que d'après M. Butschli (4) et M. Lauterborn (5), le centrosome peut

(1) *On the Occurrence of Centrospheres in Pellia epiphylla* (Ann. of Bot., vol. VIII, 1894, p. 249).

(2) *Karyokinetische Probleme* (Pringsh. Jahrb., 1895, p. 475).

(3) *Cytolog. Stud.*, p. 143.

(4) *Ueber die sogenannten Centralkörper der Zelle und ihre Bedeutung* (Verhandl. d. naturh. med. Vereins zu Heidelberg, t. IV, 1893).

(5) *Unters. über Bau, Kerntheilungen u. Bewegung der Diatomcen*, 1896.

parfois être aperçu sur le vivant chez certaines Diatomées.

Parmi les Ascomycètes, l'*Erysiphe communis*, récemment étudié par M. Harper (1), montre dans l'asque, au contact du noyau au repos, un corps relativement gros, en forme de disque aplati. Par la méthode de Flemming, à laquelle on fait succéder la décoloration presque complète de la chromatine nucléaire, ce corps (que l'auteur semble appeler indifféremment centre, centrosphère, corps central) reste fortement coloré en rouge, comme les nucléoles. Par la méthode de Heidenhain, suivie de même de la décoloration de la chromatine, il garde la coloration noire comme le nucléole (ce qui n'implique pas un rapport génétique entre celui-ci et la centrosphère).

La centrosphère et le nucléole offrent donc ici les mêmes réactions et leur aptitude à se colorer est plus grande que celle de la chromatine. M. Heidenhain a fait semblable remarque dans les cellules géantes de la moelle des os; mais il n'en est pas de même dans d'autres cas, en particulier dans les leucocytes de la Salamandre étudiés par M. Flemming, car par la méthode colorante de ce savant, les nucléoles ne gardent pas une teinte spéciale, tandis que les corpuscules centraux présentent une coloration grise violacée, grise ou légèrement rouge.

M. Harper ne croit pas qu'il existe de différence tranchée entre la substance constitutive du corps central et celle des radiations polaires et des fils du fuseau. Bien que ce corps reste coloré d'une façon intense pendant que les stries radiaires perdent leur coloration, il semble probable que cette différence tient à une condensation de sa substance. Les fils radiaires ne partent pas d'un même point, mais de la surface du corps discoïde, lequel serait formé par du kinoplasme; on ne trouve pas, au centre de ce corps, des corpuscules particuliers comparables aux centrosomes ou corpuscules po-

(1) *Cytolog. Stud.*, p. 96.

lares proprement dits, et c'est pourquoi M. Strasburger donne à ce corps le nom de « centroplaste ».

Tandis que dans les *Peziza*, également étudiés par M. Harper, le centroplaste n'est visible qu'au stade du fuseau nucléaire, dans l'*Erysiphe* il est toujours nettement distinct, aussi bien pendant l'état de repos que pendant la période de division.

En résumé, chez les plantes dont il vient d'être question, on a trouvé : un corpuscule central, arrondi ou allongé, et pas de sphère véritable dans les *Fucus* et *Sphacelaria* ; pas de corpuscule, mais un centroplaste dans les Ascomycètes ; une sphère avec ou sans corpuscule dans le *Pellia*. Ici encore, nous voyons donc que les corps polaires sont loin de présenter des caractères constants.

Nous avons maintenant à envisager un autre point de vue comparatif : celui des fuseaux pluripolaires.

Sous ce rapport, il faut distinguer deux cas : celui où leur formation devient définitive et détermine une division du noyau en trois, quatre ou un plus grand nombre de nouveaux noyaux, et celui où elle est transitoire et fait place durant les prophases de la division à un fuseau bipolaire. C'est ce second cas seulement qui nous intéresse.

Il y a quelque temps, l'état pluripolaire, même transitoire, était considéré comme une anomalie. Aujourd'hui, sa fréquence dans les cellules-mères des éléments reproducteurs, à la fois chez les animaux et chez les plantes, ne permet plus de le considérer comme tel. M. V. Häcker (1) a attiré récemment l'attention sur ce point.

Pendant les premiers stades de la division des spermatogonies du *Branchipus*, M. Moore a vu se former des fils cytoplasmiques, qui convergeaient vers des corpuscules colorables, au nombre de six à huit, qu'il appelle « pseudosomes » ; ceux-ci se fusionnent ensuite les uns avec les autres pour former les centrosomes.

(1) Ueber weitere Uebereinstimmungen zwischen der Fortpflanzungsvorgängen der Tiere und Pflanzen (Biol. Centr., 1897). Ce travail renferme la bibliographie du sujet.

M. Carnoy a signalé des fuseaux pluripolaires dans les œufs d'*Ascaris*, au moment de la formation des globules polaires. M. Boveri a observé aussi, dans ces mêmes œufs, des fuseaux dont les fils se terminaient brusquement aux deux bouts par une plaque assez large, formée de granules disposés dans un même plan et en continuité avec les fils du fuseau. Des plaques polaires analogues, comprenant plusieurs granules, ont été remarquées aussi dans l'*Ascaris* par M. Sala et par M. von Erlanger ; mais, pour ces auteurs, les granules en question seraient des corps spéciaux et non pas simplement, comme le pensait M. Boveri, des renflements terminaux des fils achromatiques.

De nouvelles recherches sur le même animal, faites à dessein avec des matériaux frais, ont permis à M. Häcker d'observer des fuseaux ayant la forme de tonnelets, ou mieux de gerbes composées de plusieurs faisceaux de fils, qui se terminaient en pointe et s'entrecroisaient les uns avec les autres. Ces faisceaux étaient de longueur inégale ; leurs sommets, quand on regardait le fuseau de profil, ne s'arrêtaient pas dans le même plan et formaient des crêtes plus ou moins accentuées ; ils se terminaient par de petits corps fortement colorables, de nature incertaine pour l'auteur. Cet aspect correspondait, en somme, à un état pluripolaire.

Dans l'ovogénèse des Copépodes, les fuseaux de direction présentent toute une série d'états très divers. Le premier fuseau de l'œuf du *Cyclops brevicornis* et de l'*Heterocope* se montre formé, tout à fait au début, par une gerbe composée de plusieurs faisceaux de fils ; il ressemble alors beaucoup à celui de l'*Ascaris*.

Aux stades suivants, l'un des pôles du fuseau apparaît comme tronqué et recouvert d'une calotte plasmique, analogue aux « plaques polaires » observées pendant la division chez les Protozoaires. Le second fuseau de direction du *Cyclops* a d'abord la forme d'un tonnelet, également composé de plusieurs faisceaux de fils ; l'une de ses extrémités (l'interne) est pourvue d'un groupe de granules très colo-

rables et devient pointue, tandis que l'autre reste tronquée ; de sorte que la forme du fuseau rappelle assez, dans l'ensemble, celle d'un obus.

A part les granules, on ne voit pas d'autres corps pouvant être considérés comme centrosomes, mais von Rath a constaté, chez les Copépodes marins, la présence de deux centrosomes adjacents, à chacun des pôles des mêmes fuseaux plus âgés et passant à la forme bipolaire définitive. D'autres auteurs ont constaté le même fait chez des animaux différents. On voit par conséquent que la forme en tonnelet ou en gerbe est un terme de passage à la forme bipolaire normale, pourvue de centrosomes ordinaires.

Des figures analogues se rencontrent aussi chez les plantes.

C'est ainsi que, d'après M. Fairchild (1), le fuseau nucléaire, dans les cellules copulatrices du *Basidiobolus ranarum*, est composé de plusieurs faisceaux de fils accolés parallèlement en gerbe. Chaque faisceau se termine par un corpuscule plus colorable. Ce dernier représente-t-il un centrosome ? C'est ce que l'auteur ne peut décider. Le fuseau de cette entomophthorée ressemble à un tonnelet très élargi aux deux bouts ; les plaques polaires formées par les corpuscules y sont donc également très larges. Cette forme rappelle celle du fuseau du *Spirogyra* ; elle ressemble également beaucoup à celle qui a été mentionnée plus haut dans l'*Ascaris* et le *Cyclops*.

D'autre part, la figure 27 de la planche XIV du travail de M. Fairchild représente un noyau végétatif au stade de la plaque nucléaire ; le fuseau a ses deux extrémités tronquées recouvertes par une plaque irrégulière de granules, qui lui donne le même aspect que celui de certains fuseaux du *Magnolia*. Mais, tandis que, dans le *Basidiobolus*, le fuseau conserve, comme dans le *Spirogyra*, la forme en tonnelet pendant la métakinèse, celui du *Magnolia* devient pointu à ses

(1) *Cytolog. Stud.*, p. 136.

deux extrémités avant la bipartition de la plaque nucléaire.

M. Strasburger pense que les granules qui occupent les bouts du fuseau dans le *Basidiobolus*, sont formés par la même substance active que le centroplaste des Ascomycètes; mais, dans le Champignon en question, on ne voit pas d'irradiation polaire.

Dans le *Pellia*, M. Strasburger (1) a trouvé aussi des fuseaux pluripolaires au début de la division nucléaire; la figure qu'il en donne possède une centrosphère à chaque pôle. Finalement, ces fuseaux deviennent bipolaires.

Chez les Prêles, les cellules-mères des spores présentent des fuseaux dans lesquels M. Osterhout (2) a vu souvent, à l'origine, plus d'une douzaine de branches se terminant librement en pointe dans le cytoplasme. Une partie de ces faisceaux de fils paraissent se rétracter ensuite et disparaître, et les autres se fusionner pour donner le fuseau bipolaire définitif.

Chez les Phanérogames, telles que le *Larix* et le *Lilium*, M. Belajeff (3) avait observé, dans les cellules-mères polliniques, des formes pluripolaires transitoires. M. Mottier (4) les a retrouvées dans le *Lilium* et le *Podophyllum*, sans réussir à apercevoir à l'extrémité des branches aucun corps pouvant être considéré comme étant de nature centrosomienne, sauf parfois quelque granule plus apparent.

Nous avons vu de même que dans le *Nymphæa*, le *Nuphar*, le *Limodorum* et le *Magnolia*, l'ébauche du fuseau est fréquemment pluripolaire, aussi bien à la seconde qu'à la première division des cellules-mères du pollen. On peut même affirmer que, dans le *Limodorum*, cette forme précède normalement la figure bipolaire; mais la chose est moins certaine pour les trois autres espèces. Il est vrai que la

(1) *Karyokinetische Probleme* (Pringsh. Jahrb., t. XXVIII, p. 176).

(2) *Cytolog. Stud.*, p. 16.

(3) *Zur Kenntniss der Karyok. bei der Pflanzen* (Flora, 1894).

(4) *Cytologische Studien*, p. 25 et suiv.

durée de l'état pluripolaire est peut-être trop courte pour ne pas échapper fréquemment à l'observation.

C'est cette formation de fuseaux pluripolaires aux premiers stades de la division qui constitue le principal argument contre la présence de centrosomes chez les Cormophytes. Selon M. Strasburger, la prédominance du trophoplasme dans certains cas semble déterminer dans la cellule la séparation du kinoplasme sous une forme différenciée, et, dans celui-ci, l'apparition du centrosome. Inversement, la prépondérance du système kinoplasmique, chez les plantes élevées, déterminerait un autre mode de formation du fuseau. Le développement très marqué de ce système serait en rapport avec le besoin qu'en a la cellule pour se diviser; cette division exige une forte proportion de kinoplasme sous forme de fils connectifs, et l'on sait que ces fils, au moment de la formation de la plaque cellulaire dans les cellules-mères du pollen, remplissent la majeure partie de leur cavité.

Cette explication ne me semble pas suffisante, si tant est que le kinoplasme représente dans la cellule une entité réelle, douée de propriétés physiologiques spéciales. D'abord, nous avons vu que, d'après les observations mêmes de M. Strasburger, les fuseaux pluripolaires ne sont pas rares dans le *Pellia*, où pourtant les centrosphères existent. Ensuite, les recherches des zoologistes nous fournissent de nombreux exemples de ces mêmes fuseaux, auxquels ceux des plantes sont tout à fait comparables; or, les centrosomes n'en existent pas moins dans les cellules animales où ces fuseaux pluripolaires précèdent le fuseau bipolaire, puisqu'on les a vus aux pôles de ce dernier dans l'*Ascaris*, les Copépodes, etc.

D'autre part, même en considérant comme inexactes toutes les observations antérieures touchant la présence des sphères attractives ou des centrosomes chez diverses Cormophytes, il y a tout lieu de croire que, dans le tube pollinique des Cycadées et du Ginkgo, les corps situés aux pôles de la figure dicentrique, et que M. Webber a représentés avec

une irradiation si développée, sont bien réellement des centrosomes ou, ce qui revient au même, en remplissent le rôle. Par leur situation, leur colorabilité, leur striation radiaire, ils en possèdent tous les caractères. Il est vrai qu'ils en diffèrent, autant qu'on en peut juger par des observations encore incomplètes, par une relation moins étroite avec la division du noyau, et que leur grosseur est beaucoup plus considérable que celle de tous les centrosomes connus, puisqu'ils atteignent jusqu'à 20 μ de diamètre. Mais il y a précisément lieu de penser que cette taille relativement énorme est en rapport avec la formation des très nombreux cils de l'anthérozoïde. Leur assimilation avec les centrosomes ou les sphères attractives est d'autant plus rationnelle que, dans le spermatozoïde animal, le centrosome, beaucoup plus petit, est en rapport avec des organes locomoteurs de même nature, mais beaucoup moins nombreux. Rien n'empêche d'accorder à ces gros centrosomes un rôle supplémentaire, celui de blépharoplaste, et de les considérer comme des centres cinétiques à la fois internes et externes. Cette hypothèse, émise par M. Henneguy, paraît tout à fait rationnelle.

Il est fort possible que ce double rôle du corps centrosomien des Cycadées appartienne également au blépharoplaste des Fougères, bien que, jusqu'ici, on n'ait pas encore réussi à voir ses rapports avec les phénomènes de la division nucléaire. Or, ce blépharoplaste ressemble plutôt à un amas de substance condensée qu'à un centrosome ordinaire; à en juger par les observations dont il a été l'objet, il diffère beaucoup de celui des Cycadées.

On a vu que les faisceaux pluripolaires se transforment finalement en fuseaux bipolaires. Cette métamorphose ne peut s'effectuer que sous l'influence de certaines forces, et celles-ci résident incontestablement dans le cytoplasme, car on ne peut admettre que les chromosomes soient doués d'un mouvement propre de transport, d'abord vers l'équateur du fuseau nucléaire, puis en sens inverse vers les pôles.

S'il n'en était pas ainsi, la cellule végétale se comporterait tout autrement que la cellule animale, dans laquelle l'action des corps polaires est indéniable. D'autre part, ces forces doivent avoir un substratum spécial, et il est d'autant plus difficile d'admettre qu'elles existent, chez les plantes supérieures, en l'absence de toute différenciation morphologique, que cette différenciation se rencontre chez les animaux et chez les plantes inférieures. Ce qui varie, c'est le degré de cette différenciation, ainsi que le montre suffisamment l'étude comparée des centrosomes et des sphères dans les divers organismes.

Nous avons vu que les granules ou corpuscules observés aux pôles des fuseaux pluripolaires chez les animaux, sont considérés par plusieurs auteurs comme étant de nature centrosomienne; ils ne représentent pas simplement des granules de hasard. Dès lors, le centrosome ne pourrait-il pas se dissocier dans la cellule, entre deux divisions successives, pour rassembler plus tard ses éléments constitutifs d'abord en plusieurs centres, puis en deux centres seulement? Cette hypothèse n'a rien d'in vraisemblable. Et, comme on sait aujourd'hui que la condensation spéciale qui forme la sphère peut faire défaut, surtout durant l'état quiescent, on conçoit que, si le centrosome est composé, comme le microcentre de Heidenhain, de corpuscules multiples, il deviendra d'autant plus difficile de distinguer ces derniers dans le cytoplasme que toute réaction spécifique peut faire défaut.

Tandis que les auteurs des recherches récentes sur les autres Phanérogames n'ont aperçu aucun corps spécial aux sommets des branches des fuseaux pluripolaires, mes observations me permettent de dire, au contraire, qu'il n'en est pas toujours ainsi; le *Nymphaea* et le *Limodorum* surtout en fournissent la preuve. On ne peut objecter que les petits corps, plus ou moins différenciés, qui sont en rapport avec les fils extérieurs au noyau, au début de la formation pluripolaire, ne représentent autre chose que ces granules à réactions nucléolaires qu'on voit souvent dans le cytoplasme au

cours de la division, car on les trouve à un moment où le noyau possède encore sa membrane et son nucléole intacts.

De ce que les corps en question ne s'observent pas à l'extrémité de toutes les branches d'un fuseau pluripolaire, il n'en résulte pas qu'ils n'ont aucune importance. On peut concevoir, en effet, que les branches du fuseau se forment sans l'intervention de corps spéciaux. Au moment où le noyau va montrer à son intérieur les premiers symptômes de la division, le cytoplasme offre souvent une irradiation manifeste à partir de la membrane nucléaire; le fait s'observe principalement dans les cellules-mères du pollen et dans le sac embryonnaire. Cette irradiation paraît dépendre de l'action exercée par le noyau sur le cytoplasme. Quand celui-ci entre à son tour en activité, l'irradiation s'efface, les fils se dirigent dans divers sens, sans cesser d'être influencés par le noyau, autour duquel ils forment souvent une couche feutrée plus condensée, d'où partent des pinceaux ou des cônes de fils plus ou moins nombreux et agglomérés, qui s'étendent à une distance variable dans le cytoplasme. C'est alors que les centres cinétiques peuvent se différencier, s'ils ne le sont pas antérieurement, et entrer à leur tour en activité.

Dans le *Nymphaea*, le *Nuphar*, le *Limodorum*, les pôles du fuseau montrent en général plusieurs corpuscules très petits; et, s'ils offrent souvent, comme je l'ai fait remarquer, une coloration plus vive que les granulations cytoplasmiques, ou s'ils forment un petit amas bien distinct, il y a aussi des cas où leur situation aux extrémités du fuseau est leur seul caractère distinctif; d'où l'impossibilité de savoir ce qu'ils deviennent dans le cytoplasme durant la période de repos.

Depuis mes premières recherches sur le *Lilium*, j'ai retrouvé, surtout dans le sac embryonnaire de cette plante, des corps granuleux entourés d'une auréole transparente ou d'une substance condensée, plus colorable que le cytoplasme ambiant: ce sont les sphères directrices que j'avais signalées. Cette condensation m'a paru aussi, dans certains cas, être exa-

gérée par l'action coagulante des réactifs fixateurs, car, autour d'elle, à chaque pôle du fuseau, on trouve parfois un espace circulaire presque complètement vide. Au lieu d'un seul corpuscule au centre, j'en ai souvent vu plusieurs, excessivement petits. Il est certain que, dans un grand nombre de cas, on n'aperçoit rien ou presque rien de nettement distinct; mais il en est d'autres où le doute disparaît, et je crois que, dans cette question, une observation positive a une tout autre valeur qu'une observation négative.

Un autre point intéressant me paraît encore mériter d'être rappelé dans la discussion actuelle. On a vu, dans la description des stades successifs de la division chez le *Nymphæa*, le *Limodorum* et le *Magnolia*, que la striation polaire n'était visible que dans quelques cas avant la métakinèse; mais, après cette phase, on la remarquait plus souvent, et même on voyait des fils achromatiques partant des deux pôles se diriger autour du fuseau lui-même, dans le cytoplasme. Comment concevoir la présence de ces fils, indépendants du fuseau, s'il n'y avait pas aux pôles deux centres dynamiques particuliers? Alors même que, dans le *Magnolia*, les réactifs ne montraient le plus souvent aucun corpuscule bien distinct aux pôles, ces mêmes stries n'en existaient pas moins très manifestes.

L'absence ordinaire de la striation astériforme, durant les prophases de la division, ne me paraît avoir qu'un intérêt secondaire; sa formation dépend vraisemblablement, en général, du degré de différenciation et de la grosseur des centres cinétiques.

De tout ce qui précède, il semble donc permis de conclure que les centrosomes, sphères attractives ou directrices, centrosphères, etc., peuvent offrir tous les degrés possibles de différenciation morphologique. La notion du centrosome surtout doit être comprise maintenant dans un sens plus large qu'au début de nos connaissances sur ce sujet. Si les centrosomes ne sont pas toujours morphologiquement distincts et si, comme le pense M. Strasburger, le kinoplasme

semble souvent suppléer à leur absence, il n'en paraît pas moins certain que les plantes supérieures peuvent être pourvues d'éléments cinétiques différenciés, dont le rôle est le même que celui des corps analogues observés chez les plantes inférieures et chez les animaux

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE IX

Nymphaea alba. Gr. 750.

(La membrane cellulaire n'a pas été figurée.)

- Fig. 1. — Cellule-mère pollinique au début des phases de la division nucléaire.
- Fig. 2. — Fils kinoplasmiques formant une couche feutrée autour du noyau; les segments chromatiques libres sont reliés les uns aux autres par des fils de linine très grêles.
- Fig. 3. — Coupe optique médiane montrant dans le cytoplasme un petit corps plus colorable, d'où partent des fils formant l'origine du fuseau. Les segments chromatiques occupent surtout la périphérie du noyau.
- Fig. 4. — On voit deux cônes de fils terminés l'un par des corpuscules distincts et nus, l'autre par un corpuscule entouré d'une zone sphérique de substance homogène. Les segments chromatiques ont pris la forme de chromosomes en tétrade.
- Fig. 5. — Même stade que dans la figure précédente. La membrane nucléaire est encore intacte; le nucléole a conservé sa grosseur, mais perdu en grande partie son affinité pour les matières colorantes.
- Fig. 6. — Résorption partielle de la membrane nucléaire. Fils achromatiques nombreux dans la cavité du noyau.
- Fig. 7. — Refoulement des chromosomes dans la région équatoriale de la cavité nucléaire primitive. Fuseau bipolaire.
- Fig. 8. — Fuseau bipolaire normal légèrement courbe, vu par la face au voisinage de laquelle se trouvait le noyau. Les fils achromatiques s'insèrent sur les corpuscules entourés d'une petite sphère.
- Fig. 9. — Fuseau vu obliquement dans la direction de son axe longitudinal.
- Fig. 10. — Partie d'un fuseau nucléaire montrant à l'un des pôles plusieurs corpuscules accolés.
- Fig. 11 à 13. — Fuseaux pluripolaires offrant différents aspects.
- Fig. 14. — Fuseau bipolaire dissocié ou provenant peut-être d'un fuseau pluripolaire transformé.
- Fig. 15. — Forme très fréquente des fuseaux bipolaires adultes, avec un corpuscule entouré d'une mince sphère, aux deux extrémités du croissant.
- Fig. 16. — Sommet d'un fuseau courbe montrant l'étirement en une pointe terminée par plusieurs corpuscules en file.
- Fig. 17. — Fuseau incurvé et tordu, sur lui-même, dont les sommets n'étaient pas dans le même plan.

- Fig. 18. — Métaphase de la division : les fils continus forment les fils connectifs.
- Fig. 19. — Stade un peu plus avancé. Une légère striation part des corpuscules polaires disposés en file; les fils connectifs augmentent de nombre dans la région équatoriale de la figure.
- Fig. 20. — Les pôles sont occupés par des corpuscules assez gros.
- Fig. 21 et 22. — Stades à peu près semblables au précédent, mais où l'on voit nettement des stries filamenteuses, distinctes des fuseaux et partant des corpuscules polaires.
- Fig. 23. — Apparition de la membrane nucléaire sur la face équatoriale des nouveaux noyaux. Sommets du fuseau primitif encore visibles.
- Fig. 24. — Cellule-mère après la formation définitive de ses deux premiers noyaux; à l'équateur du tonnelet des fils connectifs se trouvent de nombreux grains d'amidon.
- Fig. 25. — Prophase de la seconde division nucléaire; à l'équateur du tonnelet connectif étranglé se trouve une épaisse lame de substance représentant une plaque cellulaire destinée à disparaître.
- Fig. 26. — L'un des deux noyaux à un stade comparable à celui de la fig. 3.
- Fig. 27. — Fuseau nucléaire adulte avec irradiation polaire.
- Fig. 28. — Fuseaux droits situés dans un même plan dans leur cellule-mère. L'espace qui les sépare est occupé par des grains d'amidon.
- Fig. 29. — Fuseaux courbes situés dans des plans différents avec corpuscules polaires entourés d'une auréole.
- Fig. 30. — Fuseau étiré en pointe à l'une de ses extrémités, avec corpuscules en file, dont le dernier fait saillie à la surface de la cellule.
- Fig. 31. — Fuseau entouré d'un manteau de fils distincts partant des pôles.
- Fig. 32. — Fuseaux étirés à leurs extrémités, situés à peu près dans un même plan.
- Fig. 33. — Fuseaux situés dans deux plans rectangulaires.
- Fig. 34. — Phases ultérieures de la division.

PLANCHE X

Fig. 1-10 : *Nuphar luteum*. — Fig. 11-34 : *Limodorum abortivum*. Gr. 750.
(La membrane cellulaire n'a pas été figurée.)

- Fig. 1. — Cellule-mère de *Nuphar* avec son noyau central entouré d'amidon, après la formation des segments chromatiques et leur différenciation en tétrades. Fils de linine granuleux.
- Fig. 2. — Apparition d'un groupe de fils kinoplasmiques sur le côté du noyau.
- Fig. 3. — Chromosomes plus grossis, en tétrade carrée ou losangique, avec fils de linine.
- Fig. 4 et 5. — Fuseaux pluripolaires, avec ou sans corpuscules apparents à l'extrémité de leurs branches.
- Fig. 6. — Fuseau bipolaire presque adulte.
- Fig. 7. — Fuseau définitif montrant la disposition très régulière des chromosomes de la plaque nucléaire et les corpuscules polaires.
- Fig. 8. — Fuseau au stade de la métakinèse avec corpuscules entourés d'une auréole transparente.

- Fig. 9. — Transport vers les pôles des deux moitiés de la plaque nucléaire, dont les éléments ont pris la forme en bâtonnets.
- Fig. 10. — Fuseaux de la seconde division avec leur aspect définitif.
- Fig. 11. — Cellule-mère de *Limodorum* avec stries radiales autour du noyau, dans lequel les segments chromatiques déjà formés se montrent composés chacun de deux moitiés accolées.
- Fig. 12. — Légère couche de fils feutrés autour du noyau, à un stade un peu plus avancé que le précédent.
- Fig. 13 et 14. — Ébauche du fuseau nucléaire avant la résorption de la membrane du noyau.
- Fig. 15 à 17. — Fuseaux bipolaires ou pluripolaires à l'origine, après la résorption de la membrane nucléaire.
- Fig. 18-23. — Fuseaux multipolaires à divers états, et dont les branches sont pourvues ou non de corpuscules de grosseur variable à leur pointe.
- Fig. 24. — Fuseau bipolaire encore jeune avec chromosomes en voie d'orientation.
- Fig. 25. — Partie d'un fuseau montrant un corpuscule polaire avec stries radiales.
- Fig. 26-28. — Divers aspects de fuseaux définitifs, avec corpuscules polaires, grains d'amidon aux deux extrémités de la cellule, et plaque nucléaire composée de chromosomes dont chaque moitié est située de part et d'autre du plan équatorial.
- Fig. 29-30. — Séparation des moitiés de chaque chromosome.
- Fig. 31. — Transport de ces moitiés vers les pôles.
- Fig. 32. — Stade analogue au précédent, avec fils kinoplasmiques indépendants du fuseau, se dirigeant des pôles vers la région équatoriale.
- Fig. 33. — Fuseaux pluripolaires de la seconde division.
- Fig. 34. — Fuseaux définitifs au stade de la plaque nucléaire, pourvus de corpuscules polaires.

PLANCHE XI

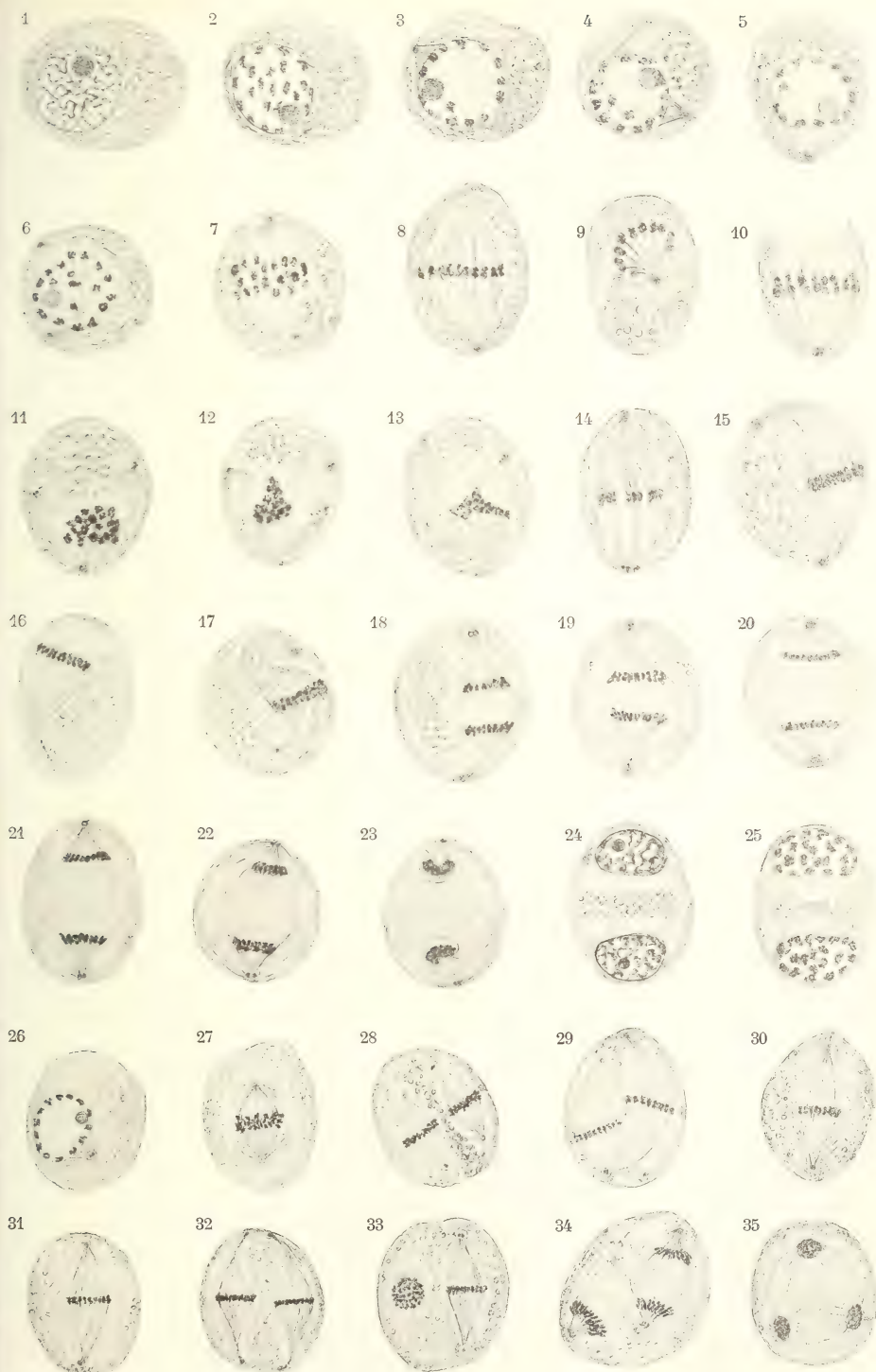
Magnolia Yulan. Gr.

Fig. 4-28 : Division dans les cellules-mères polliniques. — Fig. 29-35 : Division dans les cellules de l'assise nourricière du pollen.

(La membrane cellulaire des cellules-mères n'est représentée que dans les fig. 17-28.)

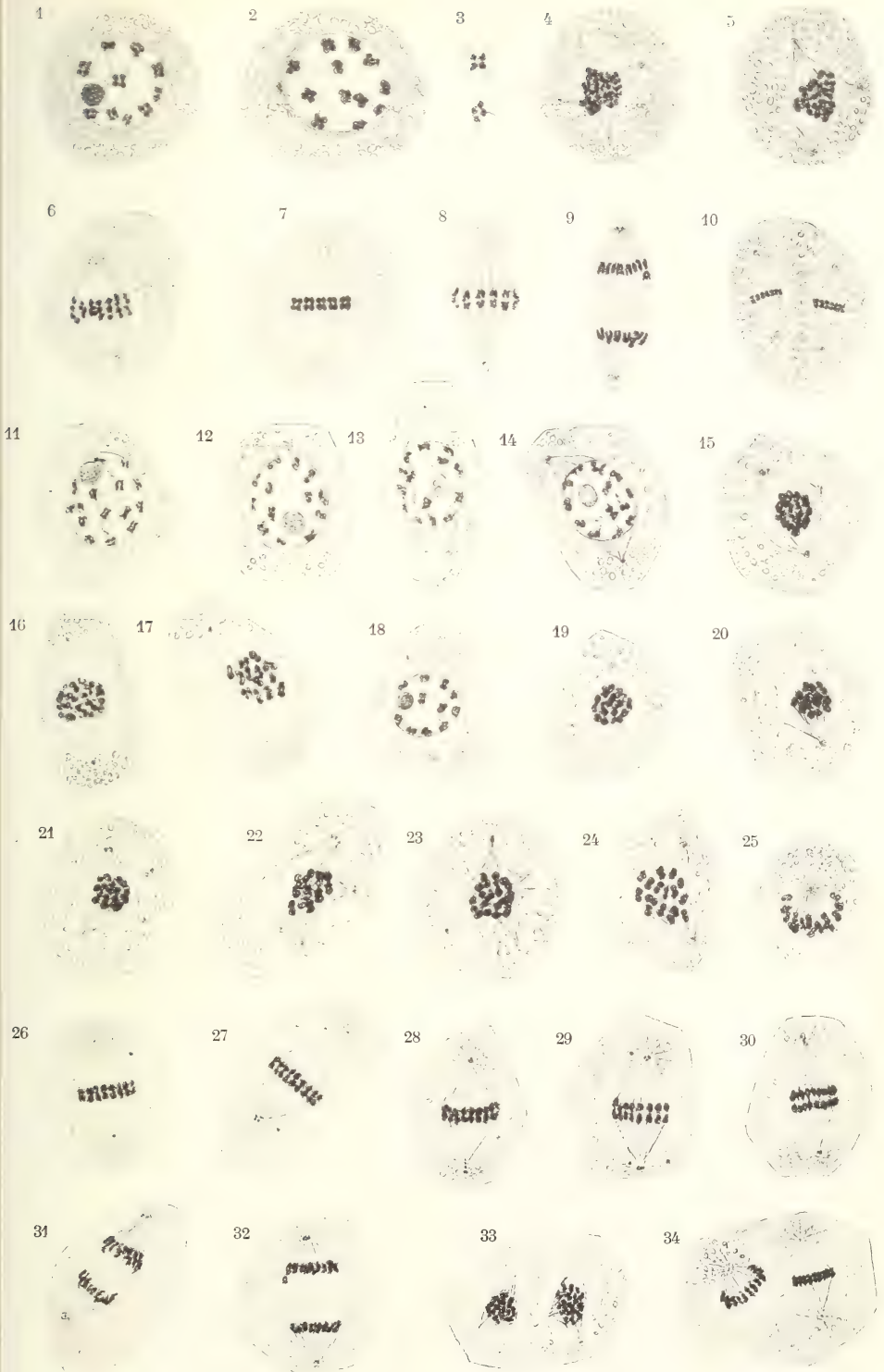
- Fig. 1. — Cellule-mère pollinique peu de temps avant la division du noyau.
- Fig. 2-4. — Ébauches de fuseaux nucléaires pluripolaires.
- Fig. 5. — Fuseau en gerbe avec amas de granulations aux pôles.
- Fig. 6. — État un peu plus âgé ; toutes les granulations colorables en noir par l'acide osmique se sont portées aux pôles.
- Fig. 7. — Fuseau définitif, avec granulations noires plus nombreuses aux pôles qu'à la périphérie de la figure de division.
- Fig. 8. — Fuseau montrant à l'un de ses pôles la fusion encore incomplète des faisceaux de fils achromatiques.
- Fig. 9. — Forme bipolaire définitive.
- Fig. 10. — Corpuscules polaires visibles au milieu d'une auréole transparente.
- Fig. 11. — Accumulation plus marquée des granulations noires à l'un des pôles.

- Fig. 12. — Stade de la métakinèse avec striation astériforme aux pôles du fuseau.
- Fig. 13. — Stade plus avancé, avec stries polaires très marquées.
- Fig. 14. — Un pôle montrant un corps distinct entouré d'une auréole transparente.
- Fig. 15. — Pôle occupé par des granulations noires.
- Fig. 16. — Même stade avec fils entourant complètement la figure de division.
- Fig. 17. — Tonnelet formé par les deux nouveaux noyaux et les fils connectifs plus épaissis dans la région centrale.
- Fig. 18. — Élargissement du tonnelet; naissance de la cloison annulaire à l'équateur.
- Fig. 19-20. — Accroissement de la cloison annulaire.
- Fig. 21-22. — Aspect ordinaire de la cloison au moment où la seconde division nucléaire commence.
- Fig. 23. — Fuseau pluripolaire de la seconde division.
- Fig. 24-27. — Stades successifs de la seconde division nucléaire dont les fuseaux se placent tantôt dans le même plan, tantôt dans des plans différents.
- Fig. 28. — Formation complète de la première cloison, encore incomplète de la seconde.
- Fig. 29. — Cellule de l'assise nourricière avec ses deux noyaux habituels.
- Fig. 30-35. — Division simultanée des deux noyaux donnant finalement un fuseau unique bipolaire.
-



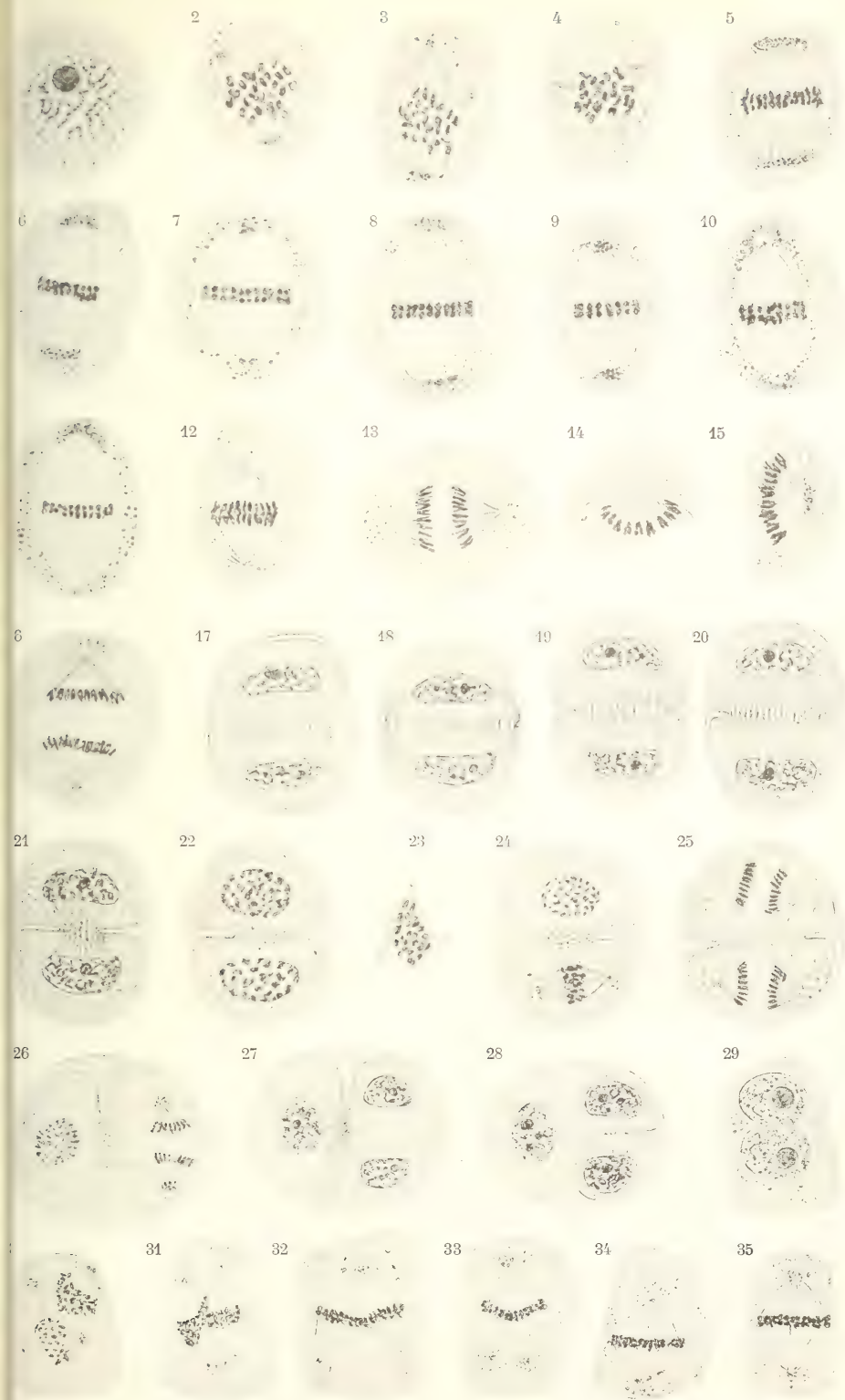
Guignard del.

Nymphaea.



L. Guignard del.

Nuphar-Limodorum.



RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES

SUR LA FLEUR

Par M. G. CURTEL

INTRODUCTION

Des quatre verticilles ou cycles de feuilles, plus ou moins profondément modifiées, qui composent une fleur, les deux plus internes, l'androcée et le gynécée, ont un rôle incontesté. Ce sont des organes adaptés aux fonctions de reproduction. Le rôle des deux verticilles externes, que l'on réunit souvent sous le nom de périanthe, est moins évident.

Pour un grand nombre d'auteurs, ce sont simplement des organes protecteurs qui, dans le bouton, abritent les deux verticilles internes.

D'autres, frappés de l'éclat et du volume de ces organes chez un grand nombre de plantes, ont pensé qu'ils servaient à attirer les insectes et, par suite, à favoriser chez elles la fécondation croisée. Sprengel, Darwin, Fritz et Hermann Müller, John Lubbock furent, parmi bien d'autres, les défenseurs de cette séduisante théorie.

Pour eux, il existe, entre l'insecte et la plante qu'il visiterait de préférence, une véritable adaptation réciproque, en vertu de laquelle les dispositions florales favoriseraient l'abord de certains insectes et en écarteraient d'autres moins

adaptés à la forme de la fleur, moins aptes par suite à opérer cette fécondation.

C'est, selon ces auteurs, à la sélection inconsciente exercée par les insectes, qu'il faut attribuer la forme et le dessin des fleurs, leurs brillantes couleurs, leur nectar et leur parfum.

Ces théories ingénieuses, séduisantes, ont rencontré des adversaires aussi ardents que leurs défenseurs : Ludwig, Th. Mehan, Axell. Elles ont été démontrées inexactes par les recherches expérimentales de M. Gaston Bonnier (1) et tout récemment par celles de M. Plateau (2), qui confirment les précédentes.

A cette heure, il semble que, si l'on ne peut méconnaître, dans un grand nombre de cas, le rôle fécondateur des insectes, il est cependant impossible de leur attribuer la coloration, la forme, le parfum et le nectar des fleurs.

Quoi qu'il en soit de cette question encore trop controversée, nous avons pensé que l'étude physiologique des enveloppes florales, outre l'intérêt qu'elle présentait en elle-même, pouvait peut-être apporter quelques données à cet intéressant problème.

J'ai dans ce travail étudié tout d'abord les échanges gazeux de la fleur, en particulier du périanthe, puis le dégagement de vapeur d'eau chez la fleur, par comparaison avec la feuille, enfin déterminé les pouvoirs absorbant, émissif, diffusif et réflecteur de la corolle. Ce sont précisément les résultats de ces expériences qui m'ont amené à attribuer au périanthe un rôle nouveau, en même temps qu'à considérer la coloration de cet organe comme la résultante des phénomènes chimiques qui se passent dans ses tissus, non comme la conséquence d'une adaptation à la fécondation par les insectes.

Dans une seconde partie, je me suis proposé de rechercher

(1) Gaston Bonnier, *Les Nectaires* (Ann. des Sc. nat. Bot., 1879).

(2) Plateau, *Comment les fleurs attirent les insectes* (Mém. Soc. roy. Bot. de Belgique, 1897).

l'influence de l'intensité de la lumière sur le développement des fleurs, en comparant des plantes qui croissaient les unes au soleil, les autres à une lumière diffuse faible. Cette seconde partie est elle-même subdivisée en deux chapitres.

Le premier traite de la morphologie externe. On y trouvera décrites les différences de structure extérieure, de poids, de volume des fleurs, les variations d'époque de floraison, suivant qu'une même espèce végétale se développe à l'ombre ou au soleil.

Le second chapitre traite de la morphologie interne, c'est-à-dire des différences anatomiques qui s'observent, en particulier dans le péricorolle et le pédoncule, chez les fleurs développées dans ces conditions d'éclairement très différentes : le plein soleil et la lumière diffuse faible.

Quant à la bibliographie, je signalerai, au cours de l'exposition, les travaux antérieurs, qui sont d'ailleurs fort rares, sauf en ce qui concerne le chapitre premier de la seconde partie.

PREMIÈRE PARTIE

RECHERCHES SUR LES ÉCHANGES GAZEUX ET THERMIQUES DES FLEURS

CHAPITRE PREMIER

RECHERCHES SUR LES ÉCHANGES GAZEUX DE LA FLEUR

1. COMPARAISON DES ÉCHANGES GAZEUX DE LA FLEUR ET DE LA FEUILLE A L'OBSCURITÉ

Respiration.

Disposition des expériences. — Dans une éprouvette de capacité déterminée, je place un certain poids de fleurs, que je viens de détacher de la plante. Dans une autre éprouvette, de même capacité, je mets un égal poids de feuilles. Chaque éprouvette est entourée d'un manchon de papier noir pour empêcher l'action de la lumière, puis placée sur une petite cuvette remplie de mercure. Au bout d'un certain temps, une à deux heures, je fais une prise d'air dans chaque éprouvette ; puis à l'aide de l'appareil à analyse des gaz de MM. Bonnier et Mangin, je détermine la composition centésimale de l'atmosphère de chacune des deux éprouvettes à la fin de l'expérience :

1° *Viola tricolor.* — Capacité des éprouvettes : 150 centimètres cubes ; durée de l'expérience : 8^h 45 à 10^h 45 ;

température : 19°. Même poids de fleurs et de feuilles.

	Feuille.		Fleur.	
Atmosphère finale.....	CO ²	0,36	CO ²	1,12
	O.....	20,17	O.....	18,89
	Az.....	79,47	Az.....	79,99

Le rapport $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ du volume de gaz carbonique dégagé au volume d'oxygène absorbé est de 0,57 dans la feuille, de 0,59 dans la fleur.

On remarquera que la fleur a dégagé, dans le même temps et à poids égal, plus du triple du volume d'acide carbonique dégagé par la feuille.

2° *Anemone nemorosa*. — Capacité des éprouvettes : 50 centimètres cubes; durée de l'expérience : 2 heures à 3 heures; température : 19°.

	Feuille.		Fleur.	
Atmosphère finale.....	CO ²	0,92	CO ²	1,13
	O.....	20,02	O.....	19,35
	Az.....	79,06	Az.....	79,52
	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 1,10$		$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,79$	

La fleur a donc dégagé, dans le même temps et à poids égal, un volume de gaz carbonique plus considérable que celui dégagé par la feuille.

En outre, le rapport $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ plus faible chez la fleur signale l'intensité des oxydations dont cet organe est le siège.

3° *Tulipa Gesneriana*. — Capacité des éprouvettes : 250 centimètres cubes; durée de l'expérience : 1^h 30 à 2^h 30; température : 19°. Même poids de feuilles et fleurs.

	Feuille.		Fleur.	
Atmosphère finale.....	CO ²	1,19	CO ²	1,62
	O.....	19,55	O.....	18,38
	Az.....	79,26	Az.....	80
	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,90$		$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,69$	

Ici également, la fleur a dégagé, à poids égal, plus de gaz

carbonique que la feuille. La différence des rapports $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ indique encore, comme dans la précédente expérience, la plus grande fixation d'oxygène dans les tissus de la fleur que dans ceux de la feuille.

4° *Cobæa scandens*. — Capacité des éprouvettes : 150 centimètres cubes; durée de l'expérience : 8^h45 à 11^h30; température : 25°. Poids égal de feuilles et de fleurs : 3^{gr},10.

	Feuille.		Fleur.	
Atmosphère finale.....	CO ²	1,36	CO ²	2,22
	O.....	19,34	O.....	18,33
	Az.....	79,30	Az.....	79,45
	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,89$		$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,93$	

5° *Lilium bulbiferum*. — Capacité des éprouvettes : 150 centimètres cubes; durée de l'expérience : 8^h15 à 10 heures; température : 20°. Même poids de feuilles et de fleurs : 7^{gr},10.

	Feuille.		Fleur.	
Atmosphère finale.....	CO ²	1,09	CO ²	1,42
	O.....	49,35	O.....	48,75
	Az.....	79,36	Az.....	79,83
	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,75$		$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,53$	

Ici encore, la fleur a manifesté une plus grande intensité respiratoire que la feuille. En outre, la comparaison des deux rapports $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ indique que la fleur a fixé dans ses tissus un plus grand volume d'oxygène que la feuille.

Conclusions. — De ces diverses expériences, faites sur des plantes très variées, il résulte nettement que la fleur est un organe soumis à une oxydation énergique. Non seulement, en effet, elle dégage, à poids égal, plus de gaz carbonique que la feuille, mais le rapport de la quantité de ce gaz dégagé à celle de l'oxygène disparu est en général plus faible que dans la feuille. Ceci nous indique que la fleur, non seulement consomme plus d'oxygène que la feuille, mais qu'elle en fixe davantage dans ses tissus.

Nous verrons, plus loin, de quelle utilité peut être, pour la

plante, l'activité respiratoire de ses fleurs, et comment, de cette oxydation énergique, peut résulter la coloration du périclanthe, sans qu'on ait à faire intervenir, pour l'expliquer, une adaptation quelconque entre la plante et l'insecte.

2. — ÉCHANGES GAZEUX DE LA FLEUR A LA LUMIÈRE. — FLEURS JAUNES OU VERDATRES. — ACTION RETARDATRICE DE LA LUMIÈRE.

Il restait maintenant à voir comment la fleur se comporte à la lumière. Certaines parties, le calice entre autres, possèdent d'ordinaire de la chlorophylle. Un grand nombre de corolles en possèdent également, au moins dans le bouton.

Enfin, on observe, chez certaines corolles jaunes ou orangées, tous les passages entre les chromoleucites jaunes, colorés par l'anthoxanthine et les chlorloucites. Il était donc intéressant de rechercher, quelle était, pour ces fleurs, la résultante des phénomènes respiratoire et assimilatoire.

Phlox paniculata. — J'ai d'abord opéré sur une fleur de *Phlox*, dont les parties vertes se réduisent à un calice très petit, campanulé, à 5 divisions étroites.

Je prends quatre fleurs aussi identiques que possible. J'en place deux dans une éprouvette de 20 centimètres cubes de capacité, entourée d'un manchon noir, deux autres ayant même poids et mêmes dimensions, dans une éprouvette de même capacité, mais non protégée par un manchon. J'expose à l'action de la lumière solaire diffuse. L'expérience dure de 9 heures à 12 heures.

Atmosphère finale....	Obscurité.		Lumière.	
	CO ²	1,85	CO ²	1,08
	O.....	19,26	O.....	19,60
	Az.....	78,89	Az.....	79,32

Cette expérience montre, qu'à la lumière, les fleurs dégagent moins d'acide carbonique qu'à l'obscurité; cette expérience confirme les résultats obtenus par MM. Bonnier et Mangin dans leurs *Recherches sur la respiration des végétaux*, où ils concluent que la lumière retarde l'activité respiratoire des fleurs.

Après cette expérience faite sur une fleur, chez laquelle les parties vertes sont très peu développées, j'ai voulu opérer sur d'autres fleurs dont la coloration jaune verdâtre pouvait faire supposer que la résultante des deux phénomènes respiratoire et assimilatoire serait en faveur du second.

Meconopsis cambrica. — J'expose pendant 1^h 30, à une belle lumière diffuse, sans soleil, deux fleurs de *Meconopsis cambrica* ou Pavot jaune des Pyrénées. Ces fleurs, larges de 3 à 4 centimètres, ont 4 pétales d'un jaune soufre, verdâtre à l'onglet et leurs étamines sont d'un jaune vert clair; température : 18°; capacité de l'éprouvette : 40 centimètres cubes.

Atmosphère finale.....	{	CO ²	0,81
		O.....	18,05
		Az.....	81,14
		$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} =$	0,25

La faiblesse du rapport $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ tient à ce qu'une notable partie du gaz carbonique a disparu par l'assimilation. La résultante n'en reste pas moins en faveur de la respiration.

Hedera Helix. — Je place, dans une éprouvette de 75 centimètres cubes de capacité, un certain poids de fleurs de Lierre, soit 1^{gr},225. J'introduis dans l'éprouvette une certaine quantité de gaz carbonique, pensant trouver, en raison de la coloration jaune verdâtre des fleurs, un dégagement plus ou moins sensible d'oxygène. L'expérience dure de 7^h 40 à 10^h 50, par une assez belle lumière diffuse.

Air initial.		Air final.	
CO ²	2,54	CO ²	4,00
O.....	19,48	O.....	18,34
Az.....	77,98	Az.....	77,65

Donc, malgré la présence de la chlorophylle, la résultante des deux phénomènes respiratoire et assimilatoire est très manifestement en faveur du premier.

Euphorbia palustris. — Des inflorescences d'Euphorbe (3^{gr},500) sans les feuilles, sont exposées à la lumière dans

une éprouvette de 150 centimètres cubes, remplie d'air pur. L'expérience dure de 10 heures à 12^h 30.

Atmosphère finale.....	CO ²	1,87
	O.....	18,83
	Az.....	79,30

Même résultat par conséquent que dans la précédente expérience. La résultante est nettement en faveur de la respiration.

A l'obscurité, les mêmes fleurs, ou plutôt un poids égal, m'ont donné, pour la même durée d'expérience, dans une éprouvette de même capacité :

Atmosphère finale.....	CO ²	3,63
	O.....	17,07
	Az.....	79,30

Ranunculus repens. — J'expose à une belle lumière diffuse, durant une heure, avec quelques alternatives de plein soleil, six fleurs de *Ranunculus repens* dans une éprouvette de 30 centimètres cubes de capacité remplie d'air pur ; température : 17°.

Atmosphère finale.....	CO ²	0,79
	O.....	19,90
	Az.....	79,31

Ici encore la résultante des deux phénomènes est en faveur de la respiration.

Je recommençai le lendemain la même expérience mais avec des fleurs un peu plus jeunes et j'exposai, durant une heure, au plein soleil, neuf fleurs de *Ranunculus repens* dans une éprouvette de 50 centimètres cubes de capacité. L'analyse de l'atmosphère intérieure de l'éprouvette au bout de ce temps me donna :

Atmosphère finale.....	CO ²	0,90
	O.....	20,50
	Az.....	79,50

Il y avait donc eu assimilation, et tout le gaz carbonique, résultant de la respiration, avait été décomposé. La différence des résultats obtenus dans ces deux expériences s'explique de la façon suivante :

La vive lumière, en même temps qu'elle diminue notablement l'activité respiratoire de la fleur, augmente au contraire l'énergie de la fonction assimilatoire. Les deux effets concordent donc, pour que la résultante des deux fonctions soit en faveur de l'assimilation. D'autre part, en raison de leur développement un peu moins avancé, ces fleurs contenaient une plus forte proportion de chlorophylle que celle sur lesquelles j'avais expérimenté la veille. Cette expérience est particulièrement intéressante parce qu'elle montre avec quelle rapidité varie, chez la fleur, la résultante de ses échanges gazeux.

J'ai fait porter ces expériences sur un assez grand nombre de fleurs jaunes et dans les conditions d'éclairage moyen, c'est-à-dire alternatives de lumière diffusée par les nuages et de soleil, j'ai toujours, en opérant sur des fleurs adultes, observé que la résultante était en faveur de la respiration. Cependant l'incontestable parenté de la chlorophylle et de l'anthoxanthine, qui donne à ces fleurs leur couleur, pouvait faire attendre un résultat inverse.

Il en est tout autrement lorsqu'au lieu d'anthoxanthine, la fleur contient de la chlorophylle comme, par exemple, celle du *Cobæa scandens*, qui non seulement possède un volumineux calice foliacé et vert, mais dont la corolle garde longtemps sa coloration verte, avant de se teindre de lilas, ou lorsque, comme chez certaines fleurs jaunes, *Ranunculus repens*, *Trollius europæus*, la chlorophylle abonde à côté de la xanthophylle. A plus forte raison en est-il de même chez ces boutons, dont le calice bien développé recouvre ou entoure une corolle encore très réduite, et qui, d'abord verte, ne prend, qu'au fur et à mesure de son développement, sa coloration définitive.

Il est d'ailleurs bien évident que, suivant l'époque où l'on opère sur ce même bouton, les résultats varient, car, durant l'épanouissement de la fleur, la corolle s'accroît infiniment plus vite et plus que le calice. Voici, en effet, une observation qu'il serait facile de multiplier, et que je cite seulement parce

qu'elle montre bien la marche très inégale des accroissements de ces deux parties de la fleur.

Je mesure, sur les différentes fleurs étagées le long d'un pied de Digitale, les longueurs respectives du calice et de la corolle.

Calice.	Corolle.
7 ^{mm}	Invisible de l'extérieur.
11,0.....	Affleure le calice.
11,5.....	14 ^{mm} .
13,0.....	18
13,4.....	23
13,7.....	27,8
13,8.....	28,7
14,0.....	34,5
14,6.....	47
16,2.....	59,5
16,8 maximum.....	51,5 maximum.

Donc, durant le temps mis par le calice pour augmenter environ du double ses dimensions et passer de 7 millimètres à 16^{mm}8, la corolle acquiert des dimensions huit fois plus grandes qu'à l'origine. On conçoit donc que, suivant l'âge du bouton sur lequel on opère, suivant que la corolle est plus ou moins développée, on obtienne des résultats très différents pour la résultante des deux phénomènes respiratoire et assimilatoire.

Tels sont, du reste, les résultats que j'ai obtenus en comparant les échanges gazeux de la fleur et du bouton chez *Campanula Medium*, *Digitalis purpurea*, *Ornithogalum pyrenaicum*, etc.

Ornithogalum pyrenaicum. — J'expose à la lumière, de 1 heure et demie à 2 heures et demie, dans une éprouvette mesurant 10 centimètres cubes, un bouton d'*Ornithogalum* et dans une autre, de même capacité, une fleur épanouie. Cette fleur étalée, large d'environ 1 centimètre, d'un blanc verdâtre est marquée en dessous d'une raie verte, plus foncée sur la partie médiane de chaque division.

Bouton clos.		Fleur épanouie.	
CO ²	00,00	CO ²	1,03
O.....	20,48	O.....	19,55
Az.....	79,52	Az.....	79,42

Campanula Medium. — J'expose à la lumière diffuse très intense, dans une éprouvette de 50 centimètres de capacité de 2 heures à 3 heures une fleur de *C. Medium*.

Cette fleur, d'un violet bleuâtre, longue de 45 millimètres, large de 30, porte à sa base un calice turbiné, hérissé, émettant cinq appendices foliacés, appliqués sur son tube et le recouvrant. Dans une autre éprouvette de 50 centimètres cubes de capacité, je place un bouton de la même fleur. Dans le bouton, la corolle d'un blanc verdâtre ne dépasse pas le calice très développé foliacé et vert.

Bouton clos.		Fleur épanouie.	
CO ²	00,00	CO ²	0,42
O.....	21,25	O.....	20,60
Az.....	78,75	Az.....	78,98

Narcissus pseudonarcissus. — Je place, dans une éprouvette de 140 centimètres cubes de capacité, un bouton de *Narcissus pseudonarcissus* avec sa spathe engainante. Après une heure d'exposition, l'analyse de l'atmosphère intérieure donne :

CO ²	00,00
O.....	20,34
Az.....	79,69

Conclusions. — En somme et pour conclure, en règle générale, la résultante des deux phénomènes respiratoire et assimilatoire est, dans la fleur, en faveur du premier. La présence de la chlorophylle soit dans le calice, soit dans la corolle, modifie seulement la proportion de gaz carbonique dégagé, ainsi que la valeur du rapport $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$, qui subit des variations considérables suivant l'intensité lumineuse, l'abondance de la chlorophylle et la durée de l'exposition.

Enfin chez le bouton, ainsi que chez quelques fleurs riches en chlorophylle, la résultante peut être en faveur de l'assimilation, pourvu que l'on se place dans des conditions favorables d'éclairement.

3. — RÔLE DU CALICE ET DE LA COROLLE DANS LES ÉCHANGES GAZEUX DE LA FLEUR.

Il restait maintenant à fixer la part de chacune des deux parties du périanthe dans l'ensemble des échanges gazeux.

1° *A la lumière.* — *Datura Stramonium.* — Je prends deux fleurs de *Datura Stramonium*. Sur l'une, je détache corolle, étamines, pistil, la réduisant à son seul calice et je recouvre de mastic Lhomme-Lefort, les sections, pour éviter toute perte de liquide ou dégagement gazeux. Sur une autre, je laisse seulement la corolle. Je les place dans deux éprouvettes de 145 centimètres cubes de capacité et de 4^h10 à 10^h10 du matin, je les expose à la lumière diffuse.

Atmosphère finale.....	Fleur réduite à son calice.		Fleur réduite à sa corolle.	
	CO ²	O.....	CO ²	O.....
	00,00	20,82	2,30	18,36
	Az.....	79,18	Az.....	79,34

Je répète la même expérience avec une fleur de *Cobæa scandens*, réduite à son calice. Ce calice est volumineux, campanulé à 5 larges lobes foliacés; ses cellules sont remplies de chlorophylle. Après avoir recouvert de mastic Lhomme-Lefort, les sections faites à la fleur pour en détacher corolle, étamines et pistil, je le place de 9 heures et quart à 11 heures et quart, à la lumière diffuse dans une éprouvette de 145 centimètres cubes de capacité, contenant une certaine proportion de gaz carbonique.

Air initial.		Air final.	
CO ²	0,75	CO ²	0,00
O.....	19,92	O.....	21,40
Az.....	79,33	Az.....	78,60

On voit, d'après ces deux expériences, que, dans le calice du *Datura* comme dans celui du *Cobæa*, la fonction chlorophyllienne s'exerce nettement, puisque, dans le premier cas, la composition de l'air n'a pas été sensiblement modifiée, et que dans le second, le gaz carbonique introduit a disparu pour faire place à de l'oxygène dégagé.

2° *A l'obscurité.* — *Cobæa scandens.* — Je détache, sur une

fleur de *Cobæa scandens*, corolle, étamines et pistil, ne conservant que le calice. Sur une autre fleur, je ne conserve que la corolle, qui d'abord verdâtre, s'est colorée d'une teinte violet bleuâtre vineux. Calice d'une part, corolle de l'autre, ainsi préparées sont placées dans deux éprouvettes de 145 centimètres cubes et laissées à l'obscurité de 9^h15 à 11^h15 température : 18°.

Atmosphère finale.....	Fleur réduite à son calice,		Fleur réduite à sa corolle.	
	CO ²	1,43	CO ²	2,64
	O.....	49,28	O.....	47,40
	Az.....	79,29	Az.....	79,96
	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,93$		$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,74$	

La même expérience, répétée avec *Datura Stramonium*, *Malope trifida*, m'a fourni des résultats analogues : c'est-à-dire un plus grand dégagement de gaz carbonique, une fixation plus active d'oxygène dans la corolle que dans le calice. Nous verrons plus loin ce que nous croyons pouvoir déduire de ce résultat.

Conclusions. — De toutes ces expériences, nous concluons que le calice ne se rapproche pas seulement au point de vue anatomique de la feuille, dont il a la structure. Chez lui, comme chez la feuille, le phénomène assimilatoire l'emporte sur la respiration. En outre, dans l'obscurité, son activité respiratoire est sensiblement moins énergique que celle de la corolle et le rapport $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ notablement plus grand que chez celle-ci. Ce rapport atteint, dans le calice comme dans la feuille, une valeur voisine de l'unité. Chez la corolle au contraire, sa valeur beaucoup plus faible, la quantité d'oxygène disparue notablement plus grande indiquent une oxydation énergique.

4. — LES CHROMOLEUCITES ET LES PIGMENTS SOLUBLES DES FLEURS AU POINT DE VUE ASSIMILATOIRE.

Il était intéressant de rechercher si les chromoleucites jaunes, orangés ou rouges des fleurs, si les sucres qui colorent

leurs cellules se comportent, vis-à-vis de la lumière, de la même façon que les chromoleucites, c'est-à-dire s'ils utilisent l'énergie des autres radiations solaires, comme ceux-ci utilisent les radiations rouges et bleues : pour le dédoublement de la molécule CO_2 .

Dans ce genre de recherches, les procédés ordinaires d'analyse étaient impuissants puisqu'ils n'indiquent qu'une résultante : telle partie de la fleur peut dégager de l'oxygène que le reste de l'organe absorbera et qui par conséquent n'apparaîtra pas dans l'analyse finale. D'autre part, beaucoup de fleurs, même adultes, contiennent en plus ou moins grande abondance de la chlorophylle. Cette dernière dégagera de l'oxygène et nous ne saurons s'il faut attribuer exclusivement à la chlorophylle, ou à la fois à celle-ci et aux chromoleucites qui l'accompagnent, le dégagement d'oxygène que nous observerons.

J'ai alors pensé à placer des pétales ou des fragments de corolle, dans un milieu capable de déceler les moindres traces d'oxygène et j'ai pris pour cela une solution de carmin d'indigo, décolorée par l'hydrosulfite de soude.

De l'eau teintée en bleu par le carmin d'indigo est chauffée pour en chasser l'air. Je remplis de ce liquide additionné d'eau de Seltz, un certain nombre de petits tubes.

L'organe ou fragment d'organe à étudier est plongé dans le liquide. On chasse les bulles d'air qui peuvent y adhérer, et on décolore lentement par l'hydrosulfite de soude, obtenu en réduisant par la poudre de zinc une solution étendue de bisulfite de soude. L'important est de s'arrêter juste à la décoloration. Le réactif est d'autant plus sensible qu'il n'y a pas d'hydrosulfite en excès. Le flacon est hermétiquement fermé et on expose le tout à la lumière. On voit alors apparaître rapidement, autour des moindres parties qui dégagent de l'oxygène, une auréole bleue. Nous signalerons une cause d'erreur, à laquelle il est aisé de remédier.

Les pétales, avec leurs cellules saillantes, tuberculeuses, entraînent souvent après eux une mince gaine d'air invisible,

qui peut produire une faible teinte bleuâtre. Il suffit d'agiter un peu le tube pour que l'hydrosulfite, toujours en *très léger* excès, absorbe cet oxygène et fasse disparaître cette teinte. Si elle réapparaît à la lumière et s'accuse, il n'y a plus de doute possible : elle est due au dégagement d'oxygène. Si elle réapparaît à l'obscurité, c'est qu'elle est due à une certaine quantité d'oxygène encore adhérent à la fleur.

En opérant avec des pétales de *Ranunculus repens*, *Trollius europæus*, de jeunes fleurons d'*Helianthus argophyllus*, des fleurons adultes de *Calendula arvensis*, *C. officinalis*, *Zinnia multiflora*, j'ai obtenu vers la pointe et la base, ainsi que suivant les nervures, une légère auréole bleue. Or, ces régions renferment précisément de la chlorophylle, dont la teinte verte est d'ailleurs facilement reconnaissable. D'autre part, il n'y a pas le moindre rapport, au point de vue de l'intensité, entre la coloration produite, par conséquent, de l'oxygène dégagé par un de ces pétales ou fleurons et celle produite par une feuille, même de très petite surface, une feuille de graminée par exemple. Du reste, en opérant sur des fleurons adultes d'*Helianthus annuus* et *argophyllus*, sur des pétales d'*Escholtzia californica*, *Solanum lycopersicum*, *Gaillardia picta*, *Helianthemum vulgare* dont les cellules renferment, souvent même en grande abondance, des chromoleucites jaunes, je n'ai pas eu trace de dégagement d'oxygène; pas davantage non plus avec les bractées jaunes d'*Helichrysum bracteatum*, les pétales rouges d'*Adonis autumnalis*, dont les cellules renferment des leucites d'un rouge vif. Enfin en opérant sur des fleurs, au suc cellulaire rouge ou bleu, comme *Papaver Rhœas*, *Pelargonium sanguineum*, *Dahlia coccinea* (variété jaune), *Delphinium Ajacis*, *Campanula glomerata*, *Phaseolus multiflorus*, je n'ai pas non plus reconnu de dégagement d'oxygène. J'ai toujours supprimé, pour éviter toute cause d'erreur, les parties d'apparence verdâtre, qui auraient pu contenir de la chlorophylle et fausser les résultats.

Ces expériences me semblent prouver suffisamment que les chromoleucites des fleurs, ou les pigments en solution

dans leur suc cellulaire ne possèdent pas, comme les leucites chlorophylliens, la propriété assimilatoire. Bien qu'un grand nombre de ces chromoleucites dérivent de chloroleucites préexistant et que le pigment qui les colore soit parfois très voisin de la chlorophylle, on voit que le leucite a été très profondément modifié, puisqu'il a perdu sa propriété caractéristique : la fonction assimilatoire. Or, il est inadmissible, que ce soit d'un simple changement de coloration du pigment que résulte la disparition de cette fonction. On ne peut admettre, que les seuls rayons aptes à déterminer l'ébranlement moléculaire nécessaire au dédoublement de la molécule CO^2 , soient les rayons absorbés par la chlorophylle ordinaire : c'est-à-dire les rayons rouges entre les raies B et C et les bleus aux environs de la raie F.

D'abord les expériences d'Engelmann (1) prouvent nettement que l'action assimilatoire d'un rayon de longueur d'onde déterminée dépend de son absorption beaucoup plus que de sa nature. Dans une cellule brun jaunâtre de *Diatomée*, le maximum assimilatoire se trouve dans le vert, près de $D\frac{1}{2}$, E. Dans une cellule vert bleuâtre d'*Oscillariée*, ce maximum passe dans le jaune. Enfin, dans une cellule rouge de *Floridée*, un des maxima se trouvera dans le vert.

D'autre part, on a décrit (Ray Lankester) (2) dans des cellules épithéliales de l'intestin du Chétoptère et dans l'épithélium ectodermique ainsi que dans le tissu conjonctif sous-jacent de la Bonellie, des pigments dont le spectre d'absorption est presque identique à celui de la chlorophylle. Cependant le rôle assimilatoire de ces chromatophores ne peut qu'être nul. *Ce n'est donc pas le pigment qui crée la fonction.*

Enfin, une fois sorti du cytoplasma, le chloroleucite n'assimile plus. C'est ce qui résulte des expériences récentes de

(1) Engelmann, *Couleur et assimilation* (Ann. des sc. nat. bot., 1883).

(2) Ray Lankester, *On the green pigment*, etc. (Quarterly Journ. of the Micr. Science. Vol. 40, 1897).

Kny (1), qui, bien que contestées par Ewart (2), sont, à notre avis absolument démonstratives. Jamais il n'a trouvé trace d'assimilation, toutes les fois que les chloroleucites étaient absolument isolés du cytoplasma.

Pour toutes ces raisons, nous pensons que le phénomène assimilatoire dépend autant, sinon plus, du plastide ou même du cytoplasma qui l'entoure, que du pigment qui le colore. En résumé, les chromoleucites jaunes, orangés ou rouges, les pigments jaunes ou rouges, en solution dans le suc cellulaire des fleurs, sont incapables de déterminer le phénomène assimilatoire dans le cytoplasma qui les contient. On n'observe du moins pas de dégagement d'oxygène, dans des conditions, où ce dégagement se manifeste chez les cellules à chlorophylle. Une même région d'une même fleur dégagera ou ne dégagera pas d'oxygène suivant qu'elle sera examinée jeune, puis adulte; qu'elle possédera des chloroleucites, ou que ceux-ci se seront transformés en chromoleucites diversement colorés.

Cette différence dans la fonction de la fleur, ne peut, à notre avis et pour les raisons exposées, être attribuée exclusivement à la transformation du pigment. Elle provient bien plutôt d'une modification du cytoplasma, entraînant celle du leucite. D'ailleurs, la différence de nature des échanges gazeux dans le bouton et la fleur adulte est une des meilleures preuves des changements, qui ont affecté ce cytoplasma. Il est évident qu'un chimisme différent de la cellule correspond à un changement de nature du cytoplasma. C'est donc, pour conclure, plus à l'évolution du plasma cellulaire qu'à la modification du pigment imprégnant les leucites, modification qui, à notre avis, est la conséquence et non la cause de cette évolution, que nous attribuerons la perte de la fonction assimilatoire pour la corolle.

(1) Kny, *Die Abhängigkeit der Chlorophyllfunction, etc. et Vermögen isolirte, etc.* (Bot. Centralb., 1897 et 1898).

(2) Ewart, *The relations of chloroplastid and cytoplasma* (Bot. Centralbl., 1897).

5. — VARIATIONS DE L'INTENSITÉ RESPIRATOIRE AVEC L'ÂGE DE LA FLEUR.

Je me suis proposé, dans ces recherches, d'établir les variations de la fonction respiratoire chez la fleur, aux diverses époques de son développement. Pour cela, je prends, sur une même plante, des fleurs inégalement développées, de jeunes boutons, des fleurs épanouies, et les plaçant dans des éprouvettes de même capacité, je détermine, au bout d'un même temps, par l'analyse de leur atmosphère intérieure, la nature des échanges gazeux. Ces expériences furent faites à l'obscurité, car la fleur jeune, en bouton, renferme très souvent dans ses tissus de la chlorophylle, dont la présence suffit à modifier profondément les résultats et empêche toute comparaison.

Iris sambucina. — Un bouton clos, très jeune, pesant 1^{gr},390, est mis dans une éprouvette remplie d'air pur de 150 centimètres cubes de capacité; température: 17°. L'expérience, faite à l'obscurité, dure trois heures.

On opère de même avec une fleur épanouie pesant 3^{gr},370.

Atmosphère finale	Bouton.		Fleur.		Air extérieur.	
	CO ²	4,33	CO ²	0,78	CO ²	0,00
	A.....	49,48	O.....	19,76	O.....	20,80
	Oz.....	79,19	Az.....	79,45	Az.....	79,20
	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 1$		$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,75$			

Le bouton, bien que pesant le 1/3 de la fleur épanouie, a rejeté près du double de gaz carbonique. L'activité respiratoire est donc très grande, plus grande que dans la fleur épanouie. En revanche, le rapport $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$, notablement plus faible chez celle-ci, indique une oxydation énergique du tissu de la fleur.

Linaria vulgaris. — 10 boutons de *Linaria vulgaris* et 10 fleurs, les premiers pesant environ les 2/3 des dernières, sont placés, durant deux heures, à l'obscurité, dans des éprouvettes de 145 centimètres cubes de capacité.

	Bouton.	Fleur.	Air extérieur.
Atmosphère finale	CO ²	0,95	0,80
	O	19,88	19,52
	Az	79,17	79,68
	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 1$	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,62$	

Malgré leur poids plus faible, les boutons de Linaire ont dégagé un volume de gaz carbonique plus grand que les fleurs. Quant aux variations du rapport $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$, elles sont de même nature que dans la précédente expérience.

Anemone japonica. — Une fleur pesant 1^{er},260, un bouton déjà avancé pesant 0,665 sont mis à l'obscurité dans des éprouvettes contenant 150 centimètres cubes d'air pur. L'expérience dure de 12^h45 à 1^h45, température : 18°.

	Bouton.	Fleur.	Air extérieur.
Atmosphère finale	CO ² 0,95	CO ² 0,55	CO ² 0,00
	O..... 19,48	O..... 19,72	O..... 20,60
	Az..... 79,57	Az..... 79,73	Az..... 79,40
	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,85$	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,64$	

Ici encore, nous observons, malgré le poids deux fois plus faible du bouton un dégagement plus abondant de gaz carbonique. Quant au rapport $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$, il est également plus élevé dans le bouton que dans la fleur. Ces trois expériences concordent donc suffisamment pour qu'il nous soit permis de conclure.

Durant les premiers âges, la fleur possède une activité respiratoire très grande, qui diminue plus tard. De même, le rapport $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$, voisin de l'unité chez les jeunes fleurs, s'abaisse jusqu'à 0,75 ou 0,60 chez les fleurs plus âgées, ce qui indique chez celles-ci une forte oxydation.

Or, MM. Bonnier et Mangin (1), dans leurs recherches sur les variations de la respiration avec le développement des

(1) G. Bonnier et L. Mangin, *Recherches sur les variations de la respiration avec le développement* (Ann. des sc. nat. bot., t. II, 1886).

plantes, ont remarqué que, vers l'automne, quand les feuilles vieillissent, l'intensité respiratoire diminue peu à peu. Il en est de même du rapport $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ qui, d'une valeur voisine de l'unité, tombe alors à 0,75 et même 0,65.

L'analogie de ces phénomènes dans les deux sortes d'organe s'explique du reste fort bien, quand on réfléchit que la fleur n'est qu'une série de verticilles foliaires plus ou moins profondément modifiées. Il est alors très compréhensible, que les variations de sa respiration puissent résumer, en quelques jours, les variations, qui s'observent, au cours d'une année, chez les feuilles de nos arbres.

6. — RESPIRATION A LA LUMIÈRE DES FLEURS INCOLORES ET COLORÉES.

Ainsi que l'ont montré MM. Bonnier et Mangin (1), la lumière ralentit, dans la fleur comme dans tous les organes végétatifs, l'activité respiratoire.

Il était donc intéressant de rechercher, si les fleurs d'une même espèce de plante, mais appartenant à des variétés différentes : l'une blanche, l'autre colorée, prises à la même époque de leur développement, au moment de l'anthèse, par exemple, se comportent de la même manière au point de vue respiratoire, quand on les expose à la lumière. J'ai donc pris, chez diverses plantes, un même nombre de fleurs appartenant, les unes à une variété blanche, les autres à une variété colorée.

Je les choisissais aussi semblables que possible de volume et de forme, chose assez difficile, car j'ai souvent remarqué, que les variétés blanches sont plus délicates, plus frêles que les autres, et je les exposais à la lumière dans des éprouvettes de même capacité et durant un même temps.

(1) G. Bonnier et L. Mangin, *Recherches sur la respiration et la transpiration des végétaux* (Ann. des sc. nat. bot., 6^e série, t. XVIII, 1884).

Je faisais, à la fin de l'expérience, l'analyse de l'atmosphère intérieure des éprouvettes.

Voici les résultats que j'ai obtenus, avec huit plantes différentes.

Phaseolus grandiflorus. — 2 fleurs blanches, 2 fleurs rouges, sont placées dans deux éprouvettes de même capacité = 16^{cc}700. L'expérience dure deux heures.

Atmosphère finale.....	Variété rouge.		Variété blanche.	
	CO ²	4,08	CO ²	3,68
	O.....	16,46	O.....	16,77
	Az.....	79,46	Az.....	79,55

Thunbergia alata. — Je prends deux fleurs de *Thunbergia alata*, dont la corolle, en forme d'entonnoir, d'un *jaune nankin*, est marquée à la gorge d'une large tache circulaire noire, et les place dans une éprouvette de 25 centimètres cubes de capacité. J'en place deux autres appartenant à la variété blanche unicolore et sans tache. L'expérience dure deux heures.

Atmosphère finale.....	Variété blanche.		Variété jaune.	
	CO ²	0,56	CO ²	0,87
	O.....	19,33	O.....	19,31
	Az.....	80,11	Az.....	79,82

Viola tricolor var. *hortensis* (Pensée). — Je place dans deux éprouvettes, ayant chacune 300 centimètres cubes de capacité, d'une part 5 fleurs de Pensée, variété blanche pesant 1^{gr}660 ; d'autre part, 3 fleurs de la variété violette pourpre pesant 1^{gr}654. L'expérience dure de 2^h10 à 3^h40 ; température : 20°.

Atmosphère finale.....	Variété pourpre.		Variété blanche.	
	CO ²	0,50	CO ²	0,25
	O.....	19,80	O.....	20,03
	Az.....	79,69	Az.....	79,72

Clematis mongolica. — Je détache sur deux fleurs de très grande taille, appartenant à cette espèce, 4 pétales d'un bleu violacé pesant 1^{gr}952, et sur un pied à fleurs blanches 8 pétales pesant 1^{gr}955. Je place ces deux lots dans deux

éprouvettes, ayant chacune 150 centimètres cubes de capacité; température: 28°. L'expérience dure de 2^h5 à 3^h5.

Atmosphère finale.....	Variété bleue violacée.		Variété blanche.	
	CO ²	0,56	CO ²	0,50
	O.....	19,83	O.....	19,80
	Az.....	79,61	Az.....	79,70

Pelargonium inquinans. — Un même poids de fleurs blanches et de fleurs rouges de *Pelargonium* est placé dans deux éprouvettes de 150 centimètres cubes de capacité. L'expérience dure de 1 heure à 3 heures, température: 25°.

Atmosphère finale.....	Variété rouge.		Variété blanche.	
	CO ²	0,54	CO ²	0,27
	O.....	19,37	O.....	20,06
	Az.....	80,09	Az.....	79,67

Phlox paniculata. — 2 fleurs rouges, 2 fleurs blanches sont mises dans deux petites éprouvettes de 20 centimètres cubes de capacité. Ces fleurs ont sensiblement même poids:

L'expérience dure de 9 heures à 12 heures.

Atmosphère finale.....	Variété rouge.		Variété blanche.	
	CO ²	1,84	CO ²	0,54
	O.....	19,29	O.....	20,22
	Az.....	78,87	Az.....	79,24

Pentstemon campanulatus. — 7 fleurs blanches, 6 fleurs rouges pesant même poids sont placées dans deux éprouvettes de 40 centimètres cubes de capacité. L'expérience dure de 1^h35 à 2^h35; température: 20°.

Atmosphère finale.....	Variété rouge.		Variété blanche.	
	CO ²	1,09	CO ²	0,83
	O.....	19,17	O.....	19,39
	Az.....	79,74	Az.....	79,58

Il résulte de toutes ces expériences que, même à égalité de poids, les fleurs colorées ont, à la lumière, une intensité respiratoire sensiblement plus forte que celle des mêmes fleurs blanches. Comme, d'autre part, les fleurs blanches ont en général un poids inférieur à celui des mêmes fleurs de la variété colorée, il en résulte qu'une fleur blanche dégage, à la lumière, beaucoup moins d'acide carbonique et fixe moins d'oxygène qu'une fleur colorée. L'explication la plus

simple, que l'on puisse donner de ce phénomène semble être la suivante :

Derrière l'écran protecteur, que forme l'épiderme plus ou moins coloré de la fleur, écran qui absorbe une certaine quantité de radiations lumineuses, les cellules sous-jacentes sont, en partie, protégées contre l'action de la lumière, dont l'influence retardatrice sur la respiration se trouve d'autant diminuée.

D'autre part il est possible que l'absorption, par les fleurs colorées, des radiations lumineuses qui traversent les fleurs incolores, détermine dans l'organe soit un échauffement plus considérable, soit toute autre modification capable, comme l'élévation de température, d'augmenter l'énergie des phénomènes respiratoires.

CHAPITRE II

RECHERCHES SUR LA TRANSPIRATION DES FLEURS.

Ces recherches ont pour but de comparer les quantités de vapeur d'eau dégagées par la feuille et la fleur, en un même temps et dans les mêmes conditions. Comme la corolle l'emporte d'ordinaire, au point de vue de la surface, sur les autres parties de la fleur, c'est elle surtout qui intervient dans ce phénomène. Les étamines et le pistil n'ont en effet qu'une faible surface et les quantités de vapeur d'eau, rejetées par eux, sont relativement minimes. Il en va tout autrement du calice, lorsque celui-ci est bien développé et surtout lorsqu'il renferme de la chlorophylle. Comme la nature foliacée des sépales ôte beaucoup de son intérêt à une comparaison avec la feuille, j'ai de préférence opéré sur des fleurs dont le calice est caduc (Papavéracées), ou chez lesquelles il est peu développé relativement à la corolle (Pensée, Malope, Belle de jour, Digitale), ou encore, pauvre en chlorophylle (Capucine). Parfois enfin, je l'ai détaché de la fleur, ainsi

que les étamines et le pistil, la réduisant alors exclusivement à sa corolle.

Une des difficultés de cette étude est le choix d'un terme de comparaison. On peut en effet, quand on compare l'activité transpiratoire de deux organes, rapporter à l'unité de poids ou à l'unité de surface, les pertes d'eau subies en un même temps, par chacun d'eux. Or, dans les questions de transpiration, il semble plus logique de choisir l'unité de surface, car c'est de la surface plus ou moins grande de l'organe en expérience que dépend surtout l'intensité de ce phénomène, les autres conditions restant les mêmes.

Quelles sont en effet les conditions qui influencent le plus le dégagement de vapeur d'eau? La lumière, la chaleur, c'est-à-dire les radiations lumineuses et obscures.

Or, nous verrons plus loin que ces dernières sont absorbées presque complètement par les milieux constitutifs de la feuille et de la fleur, quelle que soit l'inégalité d'épaisseur des tissus. On conçoit donc que c'est de la surface de l'organe, non de son épaisseur, c'est-à-dire de son poids que dépendra pour lui, la plus ou moins grande utilisation des radiations solaires. Une large surface recueillant une proportion plus grande de ces radiations, subira donc une perte d'eau plus grande du fait de la transpiration.

D'ailleurs, comparer des poids égaux de tissu serait admissible, si on s'adressait à des organes homologues, à la même période de leur développement, appartenant à une même espèce de plantes et renfermant par conséquent une même proportion de tissus morts : fibres, vaisseaux, sclérenchyme, qui n'interviennent pas dans le phénomène.

Tel n'était pas le cas. D'autre part, le poids de la feuille, à égalité de surface, est notablement plus élevé que celui de la fleur et varie considérablement avec les diverses plantes. Le rapport de ces poids $\frac{P \text{ feuille}}{P \text{ fleur}}$ par unité de sur-

face = $\frac{13}{9}$ chez la Digitale; $\frac{10}{9}$ chez la Campanule, et s'élève même à $\frac{17}{9}$ chez un Pavot.

Ces variations, par trop considérables, m'ont déterminé, avec les raisons précédentes, à choisir pour terme de comparaison l'unité de surface.

Comment évaluer ces surfaces ? J'ai recours à deux procédés : l'un déjà connu, l'autre que je crois nouveau.

Lorsque les organes feuilles ou fleurs, sur lesquels j'expérimente, sont à peu près développables sur un plan, je les applique sur une feuille de papier. J'en trace aussi fidèlement que possible les contours, puis, découpant cette silhouette, je la pèse. Je pèse également un carré du même papier de 10 centimètres de côté, j'en déduis avec une approximation très suffisante la surface de l'organe.

Quand la feuille et surtout la fleur, souvent campanulée ou infundibuliforme, ne sont pas facilement développables sur un plan, je découpe, à l'aide d'un emporte-pièce, dans l'un et dans l'autre de ces organes, un nombre aussi considérable que possible n, n' de cercles, de même surface s connue. Je pèse ces n, n' sections : soient p et p' leurs poids; $\frac{p}{n}$ et $\frac{p'}{n'}$ représentent les poids moyens de chacune d'elles.

Soient maintenant P et P' les poids de chacun des deux organes et S, S' leurs surfaces, inconnues d'ailleurs et à déterminer. J'ai évidemment

$$\frac{S}{P} = \frac{s}{\frac{p}{n}}$$

d'où

$$S = \frac{Psn}{p}$$

et de même pour S'

Disposition des expériences (Pl. XII, fig. 1 et 2). — Je détache sur la même plante une fleur, une feuille. Le pédoncule de la feuille, de la fleur est introduit, au travers d'un bouchon de liège, dans un petit tube contenant de l'eau. Je

recouvre de paraffine fusible à basse température (38°) la surface du bouchon et l'orifice. Toute communication entre l'intérieur du tube et l'extérieur, toute évaporation d'eau par conséquent sont interceptées par ce moyen. Je pèse le tout, soit P ce poids. Une seconde pesée, faite à l'issue de l'expérience, fournit un poids différent $P' < P$. La différence $P - P' = \pi$ représente la perte de poids due à la transpiration.

Coupant alors au ras du bouchon l'organe mis en expérience, j'en détermine le poids p .

1° *Campanula Medium*. — J'expose à la lumière pendant trois heures une fleur de Campanule réduite à sa corolle. Cette corolle, longue de 3 centimètres, large de plus de 3, est d'un violet bleuâtre. Les lignes d'attache du calice sont recouvertes au pinceau de paraffine fondue. Les alternatives de plein soleil et de lumière diffuse se succèdent.

Une feuille prise sur le même pied est exposée dans les mêmes conditions et durant le même temps.

Fleur (corolle seule)..... { $P = 41^{\text{gr}},975$ }
 Durée de l'exposition : de 9^h45 à 12^h45 ... { $P' = 41^{\text{gr}},904$ } $\pi = 0,071$
 Surface (des deux côtés), 107^{cmq},80.

Feuille..... { $P = 39^{\text{gr}},885$ }
 Durée de l'exposition : de 9^h55 à 10^h55 .. { $P' = 39^{\text{gr}},730$ } $\pi = 0^{\text{gr}},155$
 Surface (des deux côtés), 39^{cmq},50.

Perte par centimètre carré, pour la durée de l'expérience : Fleur, 0^{mmg},63 ; feuille, 3^{mmg},92.

2° *Convolvulus tricolor* (*grandiflorus*). — J'expose durant une heure vingt minutes à la lumière solaire (alternatives de plein soleil et de lumière diffuse), d'une part une feuille, et d'autre part une fleur de *Convolvulus tricolor*. Celle-ci possède une large corolle de 45 millimètres de diamètre en forme d'entonnoir et un calice à tube court, très réduit terminé par 5 petites dents.

Fleur (complète)..... { $P = 4^{\text{gr}},922$ }
 Durée de l'exposition : 2^h25 à 3^h45 { $P' = 4^{\text{gr}},910$ } $\pi = 0^{\text{gr}},012$
 Surface de la fleur : 34^{cmq},00.

Feuille..... { $P = 5^{\text{gr}},375$ }
 Durée de l'exposition : 2^h35 à 3^h55 { $P' = 5^{\text{gr}},347$ } $\pi = 0^{\text{gr}},028$
 Surface de la feuille : 24^{cmq},70.

Perte par centimètre carré, pour la durée de l'expérience : Fleur, 0^{mmg},35 ; feuille, 1^{mmg},13.

3° *Malope trifida*. — J'expose, durant trois heures, une feuille et une fleur de *Malope trifida*, à la lumière solaire. Cette fleur a un calice petit à 5 divisions, accompagné d'un calicule de trois feuilles. Je détache calice et calicule. Je recouvre de paraffine la section faite. La corolle est très volumineuse, à cinq pétales longs de 5 centimètres sur près de 4 de large à l'extrémité. Lumière diffuse et soleil.

Fleur (sans son calice)..... { $P = 5^{\text{gr}},490$ } $\pi = 0^{\text{gr}},035$
 Durée de l'exposition : 9^h22 à 12^h22 { $P' = 5^{\text{gr}},455$ }
 Surface : 62^{cmq},08.

Feuille..... { $P = 5^{\text{gr}},300$ } $\pi = 0^{\text{gr}},032$
 Durée de l'exposition : 9^h35 à 12^h35 { $P' = 5^{\text{gr}},268$ }
 Surface : 20^{cmq},03.

Perte par centimètre carré : Fleur, 0^{mmg},56 ; feuille, 1^{mmg},59.

4° *Viola tricolor (grandiflora)*. *Faible lumière diffuse*.

Fleur (complète)..... { $P = 39^{\text{gr}},710$ } $\pi = 0^{\text{gr}},073$
 Durée de l'exposition : 11^h45 à 1^h13 { $P' = 39^{\text{gr}},635$ }
 Surface : 80^{cmq},10.
 Poids : 0,36.

Feuille..... { $P = 40^{\text{gr}},755$ } $\pi = 0^{\text{gr}},70$
 Durée de l'exposition : 11^h50 à 1^h20 { $P' = 40^{\text{gr}},685$ }
 Surface : 32^{cmq},02.
 Poids : 0^{gr},42.

Perte par centimètre carré : Fleur, 0^{mmg},93 ; feuille, 2^{mmg},19.

5° *Papaver rhæas*. *Obscurité*.

Fleur (sans le calice)..... { $P = 40^{\text{gr}},290$ } $\pi = 0^{\text{gr}},040$
 Durée de l'exposition : 4^h25 à 5^h45 { $P' = 40^{\text{gr}},250$ }
 Surface : 160^{cmq},12.
 Poids : 0^{gr},405.

Feuille..... { $P = 40^{\text{gr}},985$ } $\pi = 0^{\text{gr}},120$
 Durée de l'exposition : 4^h35 à 6 heures .. { $P' = 40^{\text{gr}},865$ }
 Surface : 106^{cmq},09.

Perte par centimètre carré : Fleur, 0^{mmg},24 ; feuille, 1^{mmg},13.

6° *Digitalis purpurea*. — Cette fleur a un calice long de 8 à 10 millimètres à cinq divisions. La corolle est beaucoup plus volumineuse, longue de 4 à 5 centimètres, large de 3, d'un rose pourpre. Lumière diffuse.

Fleur (complète)..... { $P = 37^{\text{gr}},400$ } $\pi = 0^{\text{gr}},202$
 Durée de l'exposition : 7^h30 à 12^h20 { $P' = 37^{\text{gr}},198$ }
 Surface : 61^{cmq},86.
 Poids : 0^{gr},55.

Feuille..... { $P = 40^{\text{gr}}, 482$ }
Durée de l'exposition : $7^{\text{h}}, 45$ à $12^{\text{h}}, 35$ { $P' = 39^{\text{gr}}, 532$ } $\pi = 0^{\text{sr}}, 650$
Surface : $33^{\text{cmq}}, 60$.
Poids : $0^{\text{gr}}, 44$.
Perte par centimètre carré : Fleur, $3^{\text{mmg}}, 26$; feuille, $19^{\text{mmg}}, 34$.

Conclusions. — De ces expériences, il résulte que la transpiration dans la corolle est, à égalité de surface, notablement inférieure à ce qu'elle est chez la feuille, trois à six fois moindre, suivant les plantes et l'intensité d'éclairement.

Ce fait s'explique, d'abord par l'absence de chlorophylle chez la corolle, puis par le moins grand nombre de cellules par unité de surface. Un pétale, en effet, se réduit souvent à une ou deux assises de cellules intercalées entre les deux épidermes.

Enfin, l'absence ordinaire, ou du moins la grande rareté des stomates chez la fleur, contribue aussi à diminuer l'activité de la transpiration. Dans son travail sur la *Structure et fonction des stomates dans les feuilles florales et les anthères*, Miss J. Chester (1), conclut des nombreuses observations faites que la moitié environ des fleurs examinées par elle sont dépourvues de ces organes : en particulier les corolles peu épaisses et dont la vie est courte. De plus quand ils existent, ces stomates, d'ordinaire très irréguliers de forme, sont le plus souvent fermés.

Dans ces conditions, l'atmosphère des méats intérieurs, ne communiquant pas directement avec l'atmosphère ambiante, arrive rapidement à la saturation et les échanges avec l'extérieur de la vapeur d'eau dégagée, se font mal à travers un épiderme qui, bien que dépourvu de cuticule épaisse, n'a pas ou n'a que peu de stomates, d'ordinaire clos.

Il y a, d'ailleurs, un rapport évident entre le peu d'activité de cette fonction et le faible développement du système vasculaire dans la fleur, en particulier dans la corolle.

(1) *Berichte der. Deut. Bot. Ges.*, 1897.

CHAPITRE III

RECHERCHES SUR LA DÉTERMINATION DES POUVOIRS ABSORBANT,
ÉMISSIF, DIFFUSIF ET RÉFLECTEUR DE LA COROLLE.

En observant les larges périanthes d'Iris, Tulipe et de bien d'autres fleurs, j'ai été conduit à rechercher comment se comportent ces larges surfaces éclatantes, vis-à-vis des radiations solaires incidentes, à la fois lumineuses et chaudes, si elles les absorbent ou se laissent traverser par elles sans en rien retenir ; bref, si elles utilisent ou laissent perdre cette énorme quantité d'énergie disponible.

Ces recherches ont porté sur le périanthe pétaloïde de l'Iris et de la Tulipe et sur la corolle de la Pensée. J'ai laissé de côté les calices normaux aux sépales foliacés et verts, parce que les résultats des expériences de M. Macquenne (1) et celles de M. Mayer (2), faites sur les feuilles m'ont paru applicables à ces sépales et que d'autre part, en raison de sa faible surface comparée à celle de la corolle, le calice ne peut évidemment jouer qu'un rôle très secondaire dans les phénomènes qui nous occupent ici.

1° *Pouvoir absorbant* (Pl. XII, fig. 3). — Je me suis tout d'abord proposé la recherche du pouvoir absorbant de la corolle pour la chaleur obscure.

J'ai pris pour source de chaleur le cube de Leslie. Ce cube en cuivre a des faces de 60 millimètres de côté. Il est rempli d'eau maintenue en ébullition par un petit brûleur à gaz. Chaque expérience durant environ de huit à dix minutes, le niveau de l'eau, par suite de l'évaporation, ne s'abaissait que de très peu dans l'intérieur du cube. Une des faces du cube était recouverte de noir de fumée, déposé par la flamme de l'essence de térébenthine.

(1) Macquenne, *Recherches sur les pouvoirs absorbants et diffusifs* (Thèse. Paris, 1881).

(2) *The American Journal of science*, 1893.

Une pile thermoélectrique de Melloni, de 16 millimètres de côté, soit 256 millimètres carrés de surface, recevait sur sa face antérieure, également noircie au noir de fumée, l'action des rayons calorifiques. La face postérieure était protégée par un volet mobile et un écran contre tout échauffement.

Les courants thermoélectriques, engendrés dans la pile, étaient conduits à un galvanomètre à cadre mobile et à réflexion Deprez d'Arsonval. Ce galvanomètre étant aperiodique, la déviation régulière, sans oscillations, de la tache lumineuse sur la règle graduée rendait rapide chaque observation.

Voici du reste les constantes de l'appareil, dans les conditions de l'expérience : la règle étant à 108 centimètres du miroir, il fallait, à la température de 15°, introduire dans le circuit comprenant le galvanomètre et un élément Daniell, une résistance de 125 mégohms 4, pour que le courant imprimât à l'image lumineuse une déviation égale à une division de l'échelle.

Un courant de 0.0086 microvolt déterminait donc une déviation de une division. La sensibilité de l'appareil était par suite très suffisante.

Dans une première expérience, la pile est à 17 centimètres de la face noircie du cube. Deux écrans mobiles interceptent dans l'intervalle des expériences le passage des rayons. Un troisième écran, perforé en son centre et muni d'un disque porte-diaphragmes, est placé en avant de la pile, à deux centimètres de celle-ci.

J'abaisse les écrans mobiles ; les rayons calorifiques émis par le cube tombent directement sur la pile. J'observe sur la règle une déviation de 60 divisions.

L'expérience terminée et le galvanomètre revenu au 0, j'interpose, sur le trajet des rayons calorifiques, un pétale d'Iris bleu. Ce pétale est simplement serré entre le plateau perforé, et le disque porte-diaphragme placé en avant de lui. La déviation observée est alors seulement de 22,5 divisions.

Je substitue au pétale d'Iris une feuille d'Iris, et j'observe une déviation de 23 divisions.

On peut déjà conclure de cette expérience, que, malgré la différence d'épaisseur des tissus de la feuille et de la fleur, leur pouvoir absorbant est le même, pour les rayons calorifiques obscurs.

La chaleur transmise étant à la chaleur totale comme 23 à 60. Si nous donnons 100 comme valeur à cette dernière, la chaleur transmise est égale à $\frac{23 \times 100}{60}$ et la chaleur absorbée à $100 - \frac{23 \times 100}{60} = 62$.

Je répète la même expérience avec des pétales et des feuilles de Pensée.

a. La déviation observée, sous l'action directe de la chaleur du cube sur la pile, est de 60 divisions.

b. La déviation observée après interposition d'un pétale blanc de Pensée, est de 22 divisions.

c. La déviation observée après interposition d'une feuille de Pensée est de 21,5.

Donc, ici comme dans la précédente expérience, les déviations observées pour la fleur et pour la feuille sont à peu près égales ; les différences observées n'étant guère supérieures aux erreurs possibles d'expérience. Quant au pouvoir absorbant, il est encore de $100 - \frac{22 \times 100}{60} = 63$.

Ces nombres se rapprochent, pour ce qui est de la feuille, de ceux trouvés par M. Mayer (1). Ces nombres varient entre 67 et 86 p. 100 pour les diverses feuilles d'une même espèce. A en juger d'après le résumé publié par le *Botanisches Centralblatt* (2), l'expérience se faisait de façon assez sommaire : l'auteur se contentait d'un thermomètre pour apprécier les différences de température.

(1) *The American Journ. of science*, 1893.

(2) *Bot. Centralblatt*, 1893.

Or, il y a, dans les expériences que nous venons de décrire, une cause d'erreur qui entache nos résultats, comme du reste ceux de Mayer. Et si l'expérience garde toute sa valeur, quant il s'agit de comparer dans la fleur et la feuille le flux de chaleur qui en est issu, elle perd de son importance au point de vue de la détermination du pouvoir absorbant de l'un ou de l'autre organe.

En effet, l'échauffement subi par la pile peut être dû, non seulement aux rayons qui ont traversé la fleur ou la feuille, mais encore à ceux rayonnés par la face postérieure de l'un ou l'autre de ces organes, après échauffement de la masse.

Pour s'en rendre compte, le procédé le plus simple consiste à noircir, au noir de fumée, la face antérieure de la fleur ou de la feuille, celle qui est tournée vers la source. Ce faisant, je rends le pouvoir absorbant égal à l'unité, et la chaleur transmise doit être nulle. Si j'observe une déviation galvanométrique, c'est qu'une certaine quantité de chaleur aura été rayonnée par la face postérieure de la fleur ou de la feuille, c'est-à-dire celle tournée vers la pile. Or, dans neuf expériences répétées sur les feuilles et les fleurs de l'Iris et de la Pensée, je n'ai trouvé qu'une différence de 2 divisions sur 60 environ entre les déviations galvanométriques obtenues avant et après l'opération.

J'en conclus donc que le pouvoir absorbant de la fleur pour les rayons calorifiques obscurs émis par le cube de Leslie à 100° est sensiblement égal à celui de la feuille, très voisin de l'unité et égal à $100 - \frac{2}{60} = 96$ à 97.

Lors donc qu'un rayon de soleil vient tomber sur une fleur, toutes les radiations calorifiques obscures sont absorbées. Quant aux rayons lumineux, leur absorption dépend de la nature et de l'intensité de la coloration de la fleur.

Étant donné d'ailleurs le peu de valeur thermique des rayons colorés au-delà du rouge, l'absorption de la chaleur par cette voie ne peut être que minime. C'est alors aux pig-

ments, à la chlorophylle en particulier, quand elle existe, qu'incombe l'utilisation de l'énergie disponible dans cette partie du spectre.

Cette absorption de chaleur doit avoir pour la fleur et même pour la plante une certaine utilité.

On sait, en effet, que la chaleur active la respiration et la transpiration, ainsi que l'énergie des réactions internes dans une plante. Il est donc très admissible, qu'en particulier la croissance si rapide des verticilles floraux, la maturation des cellules reproductrices et des organes qui les engendrent, enfin la série des transformations multiples, qui succèdent de si près à la fécondation, sont notablement favorisés par cette absorption d'énergie calorifique.

2° *Pouvoir émissif* (Pl. XII, fig. 3). — Je découpe dans un périanthe de Tulipe ou une corolle de Pivoine des rectangles allongés, dont je tapisse entièrement une des faces du cube de Leslie. Une très mince couche de vernis à la gomme laque suffit à les y maintenir.

Je remplis alors d'eau à 45° l'intérieur du cube. Je n'ai pas voulu opérer à une température plus élevée, craignant l'altération de la corolle. A la température de 45° environ, l'expérience ne durant qu'une dizaine de minutes au plus, l'altération paraît absolument nulle.

Pour maintenir l'eau du cube à une température constante, je place, au-dessous de lui, une veilleuse à l'huile. J'interpose entre la flamme de cette veilleuse et la base du cube, un faisceau de fins fils de fer. Cette sorte de radiateur, dispersant par rayonnement la chaleur fournie par la veilleuse, chaleur beaucoup plus constante que celle d'un bec de gaz dont la pression varie sans cesse, j'avais ainsi réalisé une sorte de régulateur très simple et suffisamment précis.

Dans une expérience préalable, je détermine par tâtonnements le nombre de ces fils nécessaire pour maintenir dans le cube une température de 42°. Cette température s'est maintenue avec une constance remarquable durant toute la

durée d'une expérience, à peine un écart de quelques dixièmes de degré.

La température de la salle étant de 16° , le rayonnement de la source vers la pile était faible et je dus rapprocher celle-ci assez près de la source : 7 centimètres ; 3 écrans interposés interceptent le passage des rayons dans l'intervalle des expériences.

Tulipe rouge. — Je tourne vers la pile la face du cube tapissée de lames rectangulaires, découpées dans un périclypthe de tulipe. J'abaisse les écrans. La moyenne des déviations galvanométriques observées dans trois expériences successives est de 33 divisions.

Je tourne ensuite, lorsque l'aiguille du galvanomètre est revenue au zéro, la face du cube noircie au noir de fumée vers la pile et j'obtiens, comme moyenne des déviations, environ 32 divisions.

Chaque expérience a duré cinq minutes. Les tissus de la corolle ne présentent pas trace d'altérations.

Pivoine rouge. — La face du cube tapissée de lames rectangulaires découpées dans des pétales de Pivoine, étant tournée vers la pile, je trouve une déviation de 30 divisions, comme moyenne de 3 expériences.

La face noircie du cube étant tournée vers la pile, je trouve identiquement la même déviation galvanométrique : 30 divisions.

Devant la constance du phénomène et la parfaite identité observée entre les pouvoirs émissifs de la corolle et du noir de fumée dans ces deux fleurs, je n'ai pas cru utile de multiplier les expériences.

On voit donc que le pouvoir émissif est, chez la corolle, égal à l'unité. Si ce pouvoir émissif est si grand, on comprend dès lors toute l'utilité que présentent pour la fleur les mouvements d'ouverture et de fermeture de la corolle, mouvements qui dépendent en grande partie de la température extérieure et de l'état hygrométrique de l'air.

Le périclypthe en se refermant, diminue sa surface de

rayonnement, réduit au minimum ses pertes de chaleur et protège du refroidissement les verticilles internes.

3° *Pouvoirs diffusif et réflecteur*. — Mes expériences ont porté sur le péricorolle d'une Tulipe rouge et sur la corolle d'une Pensée blanche.

J'ai voulu tout d'abord opérer avec la lumière solaire, pour me rapprocher davantage des conditions naturelles. J'ai dû y renoncer. Les variations d'intensité étaient trop grandes, même à de courts intervalles, surtout durant le mois de mai 1898, durant lequel j'ai fait ces recherches. J'ai alors pris, comme source de chaleur et de lumière, une lampe électrique à incandescence de 50 volts, d'un pouvoir éclairant de 16 bougies.

Je faisais passer dans cette lampe un courant de 62,5 volts fourni par des accumulateurs. J'attendais, avant de commencer mes expériences, que la période de débit régulier fût atteinte.

Un voltmètre, en dérivation sur le circuit, me permettait de m'assurer par intervalles, de l'invariabilité du voltage et par conséquent de la constance de l'intensité lumineuse et calorifique de ma source. D'autre part sous ce courant de 62,5 volts, la lampe de 50 volts était poussée au blanc : sa lumière se rapprochait donc comme composition de la lumière solaire.

En avant de la lampe se trouvait un écran perforé d'une ouverture de 30 millimètres, dans laquelle s'engageait l'extrémité de la lampe placée horizontalement.

Plus loin venaient deux écrans mobiles à doubles lames parallèles, enfin une plate-forme circulaire divisée en degrés.

Sur cette plate-forme, je plaçai une plaque de zinc de 8 centimètres de côté et épaisse de 5 millimètres.

Cette lame était tapissée, ainsi que l'était dans la précédente expérience le cube de Leslie, de petits rectangles découpés dans un péricorolle de Tulipe ou une corolle de Pensée. Une mince couche de vernis à la gomme laque les maintenait sur la lame.

La lame de zinc pouvait tourner sur elle-même au centre de la plate-forme.

Un bras mobile peut aussi tourner autour du pied de cette plate-forme. C'est lui qui porte la pile reliée au galvanomètre.

Un écran est interposé entre la pile et la lame métallique. La distance de la source à la lame est de 16 centimètres. Celle de la lame à la pile de 10^{cm}5.

Dans une première expérience, j'enlève la lame de zinc de la plate-forme, je mets le bras mobile portant la pile dans le prolongement de la règle de l'appareil et je trouve une déviation de 74 divisions.

Je place alors sur la plate-forme la lame de zinc, tapissée comme je l'ai dit plus haut. Je lui fais faire, avec la direction des rayons incidents, un angle de 30 degrés et je place le bras mobile portant la pile, dans la direction des rayons réfléchis : j'observe alors une déviation de 31.5 divisions. Le rapport des deux déviations 31.5 et 74 représente le rapport de la quantité de chaleur réfléchie à la quantité de chaleur incidente, c'est-à-dire le pouvoir réflecteur pour une incidence de 60 degrés. Il est donc de 0,42 pour la Tulipe et pour la source employée.

En recommençant l'expérience avec des pétales de Pensée blanche et pour la même incidence 60 degrés, je trouve un pouvoir réflecteur un peu moindre 0,40.

Dans une troisième série d'expériences, je laisse la plaque dans sa position première. Je ne modifie donc pas l'angle d'incidence qui reste égal à 60° ; mais je déplace le bras mobile de façon à ce que la pile ne soit plus dans la direction des rayons réfléchis, mais fasse avec la normale un angle de 10°. La déviation observée n'est plus alors que de 12.5 divisions. Le pouvoir diffusif dans cette direction et pour l'incidence 60° n'est donc que de $\frac{12.5}{74} = 0.17$.

L'expérience, répétée avec les pétales de Pensée blanche m'a donné, pour la même incidence et dans la même direc-

tion, une déviation de 17 divisions, ce qui donne pour le pouvoir diffusif dans cette direction $\frac{17}{74} = 0.23$.

De ces différentes expériences je conclus : que la corolle de la Pensée et le périanthe de la Tulipe possèdent un pouvoir réflecteur incontestable, puisque la quantité de chaleur renvoyée par eux est bien plus grande dans le sens de l'angle de réflexion que dans toute autre direction.

Il est donc très admissible que le périanthe et en particulier la corolle se comportent par rapport aux verticilles reproducteurs internes, comme un véritable appareil réflecteur, dont ceux-ci occuperaient le foyer.

En résumé, recueillir en totalité les radiations solaires obscures, grâce à un pouvoir absorbant presque égal à l'unité, en partie les radiations lumineuses grâce à des pigments ou à des suc colorés, utiliser en partie ces radiations pour entretenir l'activité des réactions internes, de la respiration et de la transpiration qui hâteront le développement, d'ailleurs rapide, du rameau floral, la maturation des organes et des cellules reproductrices et plus tard la préparation du fruit, rayonner et en réfléchir une notable partie sur les verticilles reproducteurs, tel serait encore le rôle du périanthe. Ainsi se trouverait précisé le rôle, vaguement dénommé rôle protecteur, qu'on lui attribue unanimement.

CHAPITRE IV

I. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES DE LA PREMIÈRE PARTIE.

Je résumerai ici, en quelques lignes, les conclusions que je crois pouvoir tirer des recherches physiologiques exécutées sur la fleur et en particulier sur le périanthe.

1° La fleur, en général, possède une activité respiratoire supérieure à celle de la feuille.

2° Ses tissus sont soumis à une oxydation énergique, comme le prouvent la valeur peu élevée du rapport $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$, plus faible que dans la feuille et la grande quantité d'oxygène absorbé.

3° A la lumière, malgré la présence de la chlorophylle en particulier dans le calice, la résultante des deux phénomènes assimilatoire et respiratoire est en faveur de la respiration, lorsque la fleur est épanouie.

4° Dans le bouton, au contraire, l'assimilation l'emporte : ce qui s'explique par la prédominance des tissus verts.

5° Chez la plupart des fleurs jaunes, bien que l'anthoxanthine qu'elles contiennent soit, au point de vue spectroscopique, très voisine de la chlorophylle, la résultante des échanges gazeux à la lumière diffuse est nettement en faveur de la respiration.

Chez certaines plantes comme la Renoncule, par exemple, l'assimilation peut l'emporter dans certaines conditions d'éclairement et de développement, en raison de l'abondance relative de la chlorophylle dans les diverses parties de la fleur.

6° Les chromoleucites jaunes, orangés, rouges, les pigments en solution dans le suc cellulaire, bleus, rouges, jaunes, ne semblent pas permettre aux cellules qui les contiennent, la fonction assimilatoire.

On n'observe du moins pas de dégagement d'oxygène dans des conditions où ce dégagement se manifeste chez les cellules à chlorophylle.

7° Le calice, lorsqu'il n'est pas pétaloïde, se comporte comme une feuille, au point de vue des échanges gazeux.

8° La corolle possède une activité respiratoire beaucoup plus grande que celle du calice et des feuilles. La valeur très faible du rapport $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ indique en outre l'oxydation énergique, dont ses tissus sont le siège.

9° Les fleurs colorées ont à la lumière une intensité respiratoire plus forte que les fleurs blanches de la même espèce.

10° L'activité respiratoire dans l'obscurité, très grande chez les fleurs durant les premiers âges, diminue plus tard.

Le rapport $\frac{CO^2}{O}$, voisin de l'unité chez les très jeunes fleurs en bouton, s'abaisse considérablement avec le développement.

11° A égalité de surface, les fleurs et en particulier la corolle, rejettent moins de vapeur d'eau que les feuilles, 3 à 5 fois moins.

12° La corolle possède, pour les radiations obscures (cube de Leslie), un pouvoir absorbant égal à celui de la feuille et voisin de l'unité 0.97.

13° La corolle possède, pour les radiations obscures, un pouvoir émissif égal à celui de la feuille, c'est-à-dire à l'unité.

14° La corolle possède un pouvoir réflecteur très sensible et qui, pour une incidence de 60° et pour les radiations d'une lampe électrique à incandescence, atteint 0,42 chez la Tulipe, 0,40 chez la Pensée.

II. — APPLICATION DES RÉSULTATS.

Des résultats de ces expériences nous croyons pouvoir tirer autre chose que les conclusions immédiates, que nous venons d'énumérer. Nous allons essayer, en nous basant sur eux, de préciser le rôle du périanthe et surtout de la corolle, de montrer que l'on peut, en particulier, considérer la coloration de celle-ci comme la conséquence nécessaire des conditions physiologiques de son développement, sans qu'il soit nécessaire d'invoquer une adaptation de l'organe à la fécondation croisée.

On sait, d'après les recherches de nombreux auteurs, entre autres MM. Hildebrandt (1) Dennert (2) Courchet (3) que les

(1) Hildebrandt, *Anat. Untersuchungen über die Farben des Blüten*, Pringsheims Jahrb. Vol. III.

(2) E. Dennert, *Anatomie und Chemie des Blumenblatts*, Bot. Centralblatt. Vol. XXXVIII, 1889.

(3) Courchet, *Recherches sur les chromoleucites*. Ann. des Sc. nat 1888.

substances colorantes, qui donnent à la corolle son éclat, peuvent être rangées en deux groupes :

1° Les matières colorantes de nature pigmentaire jaunes, oranges, rouges, rouge brique, qui sont comme la chlorophylle, portées par des leucites spéciaux, ici dénommés chromoleucites.

2° Celles qui se trouvent en solution dans le suc cellulaire, en particulier dans l'épiderme et qui produisent les colorations rose, bleue, violette ou même parfois jaune.

Les colorations intermédiaires, noire, pourpre, etc., résultent, en général, de la superposition de ces deux types de matière colorante.

Or, d'après Dennert, l'incontestable parenté de la chlorophylle et des pigments qui imprègnent les chromoleucites de la fleur, serait déjà démontrée de ce fait qu'ils ont, comme elle, besoin d'un support protoplasmique, le leucite et que, comme elle encore, ce qui au fond d'ailleurs revient au même, ils sont insolubles dans le suc cellulaire.

D'autre part, Pringsheim a montré qu'au point de vue spectroscopique, l'anthoxanthine ou matière colorante des pigments contenus dans les chromoleucites des fleurs, est plus proche de la chlorophylle que la xanthophylle, qui colore les feuilles étiolées ou à l'automne les feuilles ordinaires.

En outre, la similitude des réactions chimiques, les transformations de couleur d'un très grand nombre de fleurs qui, vertes dans le bouton, passent ensuite au jaune ou à l'orangé, les transitions régulières et progressives qui s'observent dans un même organe entre les chloroleucites et les chromoleucites, enfin le fait que les chromoleucites font, comme les chloroleucites, toujours défaut dans l'épiderme sont, pour beaucoup d'auteurs, autant d'arguments en faveur de cette parenté.

Le mode d'origine des chromoleucites en est encore une preuve. Ceux-ci résultent très souvent d'une simple transformation des chloroleucites contenus dans les cellules de l'organe jeune. On voit pâlir la teinte verte de la chloro-

phylle du plastide et peu à peu la teinte jaune, orangée ou rouge du pigment nouveau se substituer à elle (1).

D'autres fois apparaissent, au sein du pigment vert, les premières granulations colorées, qui se multiplient au fur et à mesure de la disparition de la chlorophylle.

Enfin, parfois, la matière colorante pigmentaire apparaît directement au sein des leucocytites, à la façon de la chlorophylle et sans avoir été précédée par elle.

Quelles sont les causes qui ont ainsi pu déterminer soit l'apparition de ces pigments dans un chlorocytite, aux dépens de la chlorophylle déjà existante, soit leur développement direct dans un leucocytite, dont la matière chromogène, au lieu de se différencier en chlorophylle, donne naissance à un pigment jaune, orangé ou rouge. On en est encore réduit sur ce point à des hypothèses.

Dennert (2) pense que si la substance chromogène du leucite produit, dans la corolle, un pigment différent de la chlorophylle, c'est que peut être le plastide ou même le protoplasma cellulaire se sont autrement différenciés dans la fleur que dans la feuille. Il se demande si on ne pourrait attribuer cette variation dans la différenciation d'abord à un changement de fonctions de l'organe floral, chez lequel la respiration se substituerait au phénomène assimilatoire caractéristique de la feuille, et aussi à une sorte d'hydratation du protoplasma, c'est-à-dire à une diminution de celui-ci par rapport aux autres composants de la cellule.

En somme, oxydation et hydratation du protoplasma cellulaire sont les causes auxquelles Dennert propose d'attribuer l'apparition des pigments dans la fleur.

Ce qui pour cet auteur n'était qu'une hypothèse, assez vaguement indiquée d'ailleurs dans son travail, se trouve nettement établi par nos recherches sur les échanges gazeux de la fleur.

Elles mettent précisément en évidence l'intensité des oxy-

(1) Courchet, *loc. cit.*

(2) Dennert, *loc. cit.*

dations, dont la corolle est le siège, ainsi que sa faible activité transpiratoire. Elles montrent encore, qu'au fur et à mesure des progrès du développement de la corolle, progrès qu'accompagnent l'apparition ou la transformation des pigments solubles ou figurés, les fonctions de la feuille disparaissent en elle, l'assimilation s'affaiblit ou s'annule, la transpiration devient moindre, les réactions intérieures changent de nature et le rapport $\frac{CO^2}{O}$ s'abaissant, manifeste l'énergie des oxydations internes. Nous attribuerons donc à cette modification dans les fonctions de la corolle, à l'oxydation énergique et à l'hydratation de ses tissus, sa pigmentation caractéristique.

Nous y ajouterons d'autres causes qui, après tout, se ramènent, comme les précédentes, à une insuffisance de la fonction nutritive, assimilatoire dans l'organe.

Il est facile de constater, et nous l'avons prouvé par un exemple pris entre mille, que la corolle acquiert, en un temps très court, des dimensions superficielles beaucoup plus considérables en général que celles du calice et souvent même que celles de la feuille. Cependant, elle possède un appareil conducteur beaucoup moins développé que celui de cette dernière. Il est donc très vraisemblable que cette croissance rapide, s'effectuant malgré un appareil nourricier très réduit, doit déterminer un appauvrissement notable du cytoplasma. Ses dernières réserves, peut-être même une partie de sa substance, sont employées à fournir les éléments nécessaires à cette activité cellulaire, qui se traduit extérieurement par l'énergie de la fonction respiratoire.

On comprend alors que dans ce milieu appauvri, le plastide évolue différemment, qu'il ne puisse produire de la chlorophylle, ou du moins la régénérer au fur et à mesure de sa destruction sous l'action de la lumière. D'ailleurs, les fonctions de cette substance ne sont guère compatibles avec la structure d'un organe, dont le tissu conducteur est si réduit. A sa place, apparaîtront ou persisteront d'autres pig-

ments, chimiquement peut-être très voisins, mais plus résistants qu'elle à l'action de la lumière.

Il y aurait là un phénomène analogue à celui qui se passe chez les feuilles caduques aux approches de l'hiver ou chez celles atteintes de chlorose et dans lesquelles le ralentissement de la nutrition s'accompagne d'une oxydation énergique des tissus et de la disparition progressive de la chlorophylle, qui laisse transparaître les pigments plus résistants qui l'accompagnent ou qui peut être en dérivent par oxydation.

Enfin, dans des circonstances moins favorables encore, le leucite cessera d'engendrer des pigments, il restera leucoleucite : la fleur sera blanche *en totalité ou en partie*, suivant que le phénomène sera général ou localisé. Cette façon de considérer l'*albinisme* ou l'apparition des macules blanches chez la fleur, comme résultant d'une insuffisance de la nutrition, se trouve confirmée par la deuxième partie de ce travail, où nous voyons la lumière diffuse faible entraîner une décoloration plus ou moins complète de la fleur, par suite de la réduction de l'activité assimilatoire. Elle est encore confirmée par nos expériences ou observations sur *Delphinium Ajacis*, *Adonis autumnalis*, etc. (voir page 297), par celles de MM. Flahault et Askenasy, décrites, page 271, ainsi que par cette observation que nous eûmes plus d'une fois l'occasion de faire, à savoir que les fleurs blanches diffèrent encore des fleurs colorées de même espèce, par leurs moindres volume et poids, la plus grande minceur des tissus et le moindre développement de l'appareil conducteur. Parfois même, leur appareil végétatif se distingue de celui du pied à fleurs colorées par des feuilles d'un vert plus pâle, plutôt caduques.

Quant à la substitution, au sein même du chloroleucite, des divers pigments à la chlorophylle, au fur et à mesure du développement de la corolle, on peut l'expliquer d'une façon analogue.

Lorsque la nutrition se fait normalement au sein de la

cellule, la chlorophylle se trouve régénérée au fur et à mesure de sa destruction sous l'action de la lumière. Lorsque la nutrition devient insuffisante, la chlorophylle n'étant plus régénérée laisse transparaître les pigments plus résistants qui l'accompagnent.

L'un d'eux n'est autre que la carotène, dont le pouvoir colorant est si intense qu'il est extrêmement difficile d'arriver à en débarrasser totalement la chlorophylle (1).

Or, on sait qu'un certain nombre de pigments de couleur jaune, jaune orangé, rouge orangé, etc., non seulement présentent entre eux la plus étroite analogie, mais qu'ils sont encore, surtout certains, très voisins de la carotène dont ils offrent les principales réactions (2). Le changement de coloration du plastide pourrait alors s'expliquer par simple disparition de la chlorophylle, qui laisserait visible le ou les pigments qui l'accompagnent et qui d'ailleurs peuvent eux-mêmes avoir subi des modifications plus ou moins profondes.

Quant aux matières colorantes telles que l'anthocyanine, qui se trouvent en solution dans le suc cellulaire, elles dériveraient par oxydation des tannins, ou tout au moins de matières chromogènes plus ou moins voisines et qui en seraient issues.

Tel est l'avis de Wiesner (3), Wigand (4), Kraus (5), Dennert (6). La similitude des réactions chimiques est d'ailleurs une preuve de cette parenté.

En outre, la répartition de ces matières colorantes dans le péricorolle concorde absolument avec celle du tanin dans la feuille. Chez celle-ci, il est surtout localisé dans l'épiderme et au dos des nervures. Or, telle est aussi la répartition de l'anthocyanine dans le péricorolle.

(1) Voir Kohl, *Untersuchungen über das Chlorophyll*. (Bot. Centralbl., 1898.)

(2) Voir Courchet, *Recherches sur les chromoleucites* (Ann. Sc. nat., 1888.)

(3) Wiesner, *Bot. Zeitung*, 1862.

(4) Wigand, *Bot. Zeitung*, 1862.

(5) Kraus, *Gundlinien zu einer Physiologie des Gerbstoffes*, 1889.

(6) Dennert, *Bot. Centralbl.*, 1889.

Enfin, les agents réducteurs décolorent les fleurs colorées par l'anthocyanine, en reformant en partie le tanin, et la couleur réapparaît sous l'action des oxydants. Cette dernière expérience semble encore justifier l'hypothèse, qui fait de l'anthocyanine un dérivé des tanins par oxydation. Par conséquent, chez ces fleurs aux corolles bleues, violacées ou rouges, la coloration du périanthe est encore le résultat des oxydations dont il est le siège, oxydations qui portant sur les tanins ou leurs dérivés, produits de l'activité assimilatoire, tant de l'organe que du végétal lui-même, les transforment en matières colorantes. Leur apparition est comparable à celle des pigments rouges solubles qui, à l'automne, alors que la nutrition se ralentit et que les oxydations deviennent plus énergiques, apparaissent aux dépens de la chlorophylle dans les cellules en palissade de nombreuses feuilles caduques comme celles d'*Ampelopsis hederacea*, *Cornus sanguinea*, etc., ou dans les rameaux de *Thuja orientalis*.

Donc, quelle que soit l'origine de toutes ces matières colorantes, pigments ou suc colorés, qui donnent à la corolle son éclat, leur apparition peut s'expliquer par de simples modifications dans les phénomènes de nutrition et de chimie cellulaires, sans qu'il soit nécessaire d'invoquer une adaptation de l'organe à la fécondation par les Insectes. Cette adaptation, si elle existe, peut bien avoir sélectionné les types les plus éclatants, les plus visibles, mais ne saurait avoir déterminé dans le périanthe l'apparition première des produits colorés auxquels il doit son éclat.

Quant au rôle, vaguement dénommé rôle protecteur, qu'on attribue unanimement, mais sans autre indication, au périanthe, nous croyons l'avoir précisé à la fin de cette première partie.

Grâce à un pouvoir absorbant considérable, à un pouvoir émissif voisin de l'unité, grâce aussi à un pouvoir réflecteur très notable, le périanthe ou du moins la corolle, emmagasinerait l'énergie calorifique solaire, au mieux des réactions internes, qui hâteront son développement d'ailleurs si rapide.

Elle en rayonnerait, diffuserait, réfléchirait une notable proportion sur les verticilles reproducteurs qu'elle entoure. Elle favoriserait ainsi la maturation de ces organes, la formation de leurs cellules reproductrices, enfin, la série des transformations qui accompagnent la fécondation.

Il est possible encore que, grâce à l'activité des oxydations dont il est le siège, le périanthe serve aussi à la préparation, dans les tissus voisins, d'une partie des produits d'oxydation plus ou moins avancée, qui sont généralement contenus dans le fruit.

DEUXIÈME PARTIE

ACTION DE LA LUMIÈRE SOLAIRE DIRECTE OU DIFFUSE FAIBLE SUR LES FLEURS.

CHAPITRE PREMIER

Morphologie externe.

I. — INTRODUCTION.

Dans la seconde partie de ce travail, je me suis proposé de rechercher l'influence de la lumière sur les fleurs.

L'observation a depuis longtemps montré que, suivant que les plantes se développent au plein soleil, ou qu'au contraire ses rayons ne leur parviennent que plus ou moins diffusés, l'éclat et l'apparence des fleurs varient. Les nombreuses variétés, dites *ombrosa*, que les flores nous signalent, le prouvent suffisamment.

Mais l'observation est insuffisante, car les conditions de vie de deux plantes croissant, l'une à la lisière d'un bois, l'autre sous le couvert, sont loin d'être semblables. La seconde n'est pas seulement protégée contre l'action de la lumière solaire directe, elle l'est aussi contre la sécheresse du sol, contre le froid. Enfin, à une courte distance, la composition d'un sol peut varier, et l'on sait que l'humidité, la chaleur et la composition du milieu ont, sur les plantes et par suite sur les fleurs, une action modificatrice comparable à celle de la lumière.

Il fallait donc recourir à l'expérience, exposer, dans des conditions aussi identiques que possible, d'une part à la lumière diffuse faible et d'autre part en plein soleil, deux lots comparables d'une même espèce de plantes.

Or, j'avais déjà observé que des plantes variées : Tabac, Grand-Soleil, Pois, Haricot, Pensée, etc., exposées à une très belle lumière diffuse, ne présentaient pas de différences sen-

sibles avec les pieds venus en plein soleil. Peut-être même leur végétation était-elle plus luxuriante, leurs feuilles d'un vert plus sombre. Les plantes se trouvaient devant un mur très blanc, orienté sensiblement est-ouest. Elles n'étaient exposées aux rayons du soleil que durant les premières heures de la matinée. Le reste du temps, elles ne recevaient que la lumière diffusée par le soleil ou par le mur blanc auquel elles étaient adossées.

Dans ces conditions, quelques jours de retard dans la floraison, un feuillage plus vert, peut-être plus abondant, parfois une taille un peu moindre étaient tout ce qui les distinguait des pieds exposés à la lumière solaire directe.

C'est après ce résultat négatif et cependant intéressant, puisqu'il montre que l'action des rayons solaires directs n'est ni indispensable, ni même très utile aux plantes, que j'ai songé à faire l'expérience d'une autre manière et à n'opérer qu'à une lumière diffuse assez faible, pour obtenir des différences appréciables dans la fleur.

Il est d'ailleurs évident que les résultats obtenus dépendront et de l'intensité et de la nature de la lumière diffusée sur nos plantes et surtout des plantes elles-mêmes. Certaines espèces, exigeant une plus forte intensité lumineuse que d'autres, seront plus profondément modifiées qu'elles, dans les conditions de l'expérience.

II. — HISTORIQUE.

Avant de passer à l'exposé de nos expériences, nous rappellerons les travaux antérieurs sur cette question.

Sachs (1) a depuis longtemps montré que les fleurs peuvent se former à l'obscurité, pourvu que la plante ait des réserves. Une Tulipe, une Jacinthe fleurissent dans l'obscurité, grâce aux substances accumulées dans leurs bulbes.

De même, certaines plantes pourront donner des fleurs

(1) Sachs, *Bot. Zeitung*, 1863 et 1865.

dans l'obscurité, si, du moins, une partie suffisante de l'appareil végétatif reste exposée à la lumière. Ex. : *Tropæolum majus*, *Cucurbita pepo*.

M. Vœchting (1) étudiant, non plus l'action de l'obscurité complète, mais l'influence d'une lumière simplement atténuée, montre que celle-ci exerce une action importante sur le développement des fleurs. En opérant sur le *Mimulus Tilingi*, il a montré que l'appareil floral se réduisait, au fur et à mesure que l'éclairement diminuait et, qu'au dessous d'un certain minimum, la plante restait stérile.

Ce minimum d'éclairement est d'ailleurs très variable suivant que les espèces sont ombreuses ou ensoleillées. C'est ainsi qu'*Impatiens parviflora* peut fleurir à un éclairement, qui permet à peine l'apparition des boutons floraux chez *Malva vulgaris*. Celle-ci, en effet, est une plante héliophile, la première est ombrophile. Parfois même, les fleurs n'apparaissent plus. Toute l'activité de la plante est alors employée à la production d'un feuillage surabondant : les organes végétatifs prennent un développement considérable.

En recherchant l'action de la lumière sur les diverses parties qui constituent la fleur, l'auteur a observé, qu'assez souvent, la radiation agit uniformément sur toutes les parties de l'organe (*Mimulus*), que, dans certains cas, la corolle seule est modifiée, qu'enfin les organes sexuels paraissent relativement moins sensibles à l'action de la lumière que les enveloppes florales. Chez certaines plantes (*Stellaria media*), on voit que, sous une lumière atténuée, la corolle ne s'ouvre pas, la fleur devient cleistogame. De même pour les *Lamium*.

Enfin, l'action de la lumière, dans la formation des fleurs zygomorphes, est très manifeste, d'après ce même auteur. C'est ainsi que chez *Mimulus Tilingi* et *Tropæolum majus*, la diminution de l'intensité lumineuse se traduit par l'avortement des deux pétales supérieurs chez cette dernière plante

(1) Vœchting, *Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Gestaltung und Anlage des Blüten* (Pringsheim's Jahrb., Vol. XXV, 1893).

et la réduction de la lèvre supérieure de la corolle chez la première.

En ce qui concerne l'influence de la lumière sur la coloration des fleurs, nous rappellerons les expériences de Sachs, aujourd'hui classiques, que nous signalions au début de ce chapitre. L'auteur est d'avis que la couleur des fleurs est indépendante de l'action locale de la lumière. Pour lui, la matière colorante se développerait aux dépens de substances qui prennent naissance dans les feuilles, sous l'influence de la lumière. Si la plante est pourvue de matières de réserves, ou que ses feuilles continuent à subir l'influence solaire, la fleur, même venue à l'obscurité, gardera tout son éclat.

M. Flahault (1) confirme les conclusions de Sachs. Ces expériences ont porté sur des Jacinthes bleues et rouges. Il n'a pas vu de différence appréciable dans l'éclat des fleurs épanouies à l'obscurité et à la lumière.

M. Askenasy (2), au contraire, reprenant les expériences de Sachs sur les fleurs qui peuvent se former à l'obscurité, trouve que si la forme de ces fleurs était d'ailleurs peu modifiée, leur coloration était par contre très anormale. Par exemple il croit que les Jacinthes bleues demeurent plus pâles à l'obscurité qu'à la lumière. De même, M. Hildebrandt (3) croit que la lumière agit de façon très variable selon les plantes, sur l'apparition des matières colorantes bleues ou rouges. Les avis sont donc très partagés.

On ne peut d'ailleurs contester que le développement des matières colorantes est surtout en rapport avec l'assimilation actuelle chez la plante, ou avec la présence de réserves accumulées. M. Askenasy d'une part, M. Flahault de l'autre, ont établi quelques expériences très concluantes sur ce point. M. Askenasy coupe des branches d'*Antirrhinum majus*

(1) Flahault, *Développement des matières colorantes des fleurs* (Ann. des Sc. nat., 1878).

(2) Askenasy, *Bot. Zeitung*, 1876.

(3) Hildebrandt, *Die Farben des Blumen*, loc. cit.

et de *Digitalis purpurea* portant de jeunes boutons. Ces rameaux sont entièrement privés de leurs feuilles et leur extrémité inférieure est plongée dans l'eau. Les fleurs exposées à la lumière s'épanouissent, mais restent *incolores*.

De son côté, M. Flahaut, enlevant toutes les feuilles, que porte un rhizome de *Saxifraga ornata*, le place dans l'obscurité, en ne laissant que le bourgeon de l'année suivante. Les feuilles issues de ce bourgeon sont étiolées, la hampe florale porte des fleurs beaucoup plus pâles que dans les conditions normales. La même teinte pâle des fleurs s'observe lors même que celles-ci se seront développées à la lumière, le reste de la plante étant maintenu dans l'obscurité. De ces expériences, d'autres encore, l'auteur conclut que le développement de la matière colorante dans les fleurs est corrélative de l'assimilation ou tout au moins de la présence de matières de réserves.

Tels sont, brièvement résumés, les principaux travaux relatifs au sujet dont nous allons nous occuper.

III. — DISPOSITION DES EXPÉRIENCES.

Voici comment j'ai disposé mes expériences. Sous une tonnelle de forme octogonale, ayant 3 mètres de diamètre, j'ai placé une certaine quantité de terre, formée d'un mélange de sable calcaire, terre argileuse et terreau. Dans un autre coin du même jardin, mais en plein soleil, le même sol avait été constitué. L'importance de la composition du sol, au point de vue de la dimension et de la coloration des fleurs, est trop connue des horticulteurs pour qu'il soit besoin d'insister.

Cette tonnelle, supportée par huit montants, était ouverte à tous les vents, mais recouverte d'un toit blanchi intérieurement. Tout autour du toit de la tonnelle, j'avais placé un cercle en fil de fer, le long duquel coulissait, à l'aide d'anneaux, un rideau en toile cirée. La face noire de ce rideau était tournée vers l'extérieur, la face blanche vers l'intérieur.

Grâce à ce rideau mobile, que l'on déplaçait le long de sa tringle suivant la position du soleil, je pouvais protéger les plantes en expérience contre l'action solaire directe. J'évitais ainsi l'éclairage unilatéral, qui peut déterminer dans la plante des irrégularités de structure. D'autre part, bien que l'intérieur de cette tonnelle fût protégé contre la lumière solaire directe, la température de l'air différait assez peu de la température extérieure. La face noircie de la toile cirée absorbait en effet beaucoup de chaleur, que la face intérieure blanchie rayonnait ainsi que la lumière sur les plantes mises en expérience.

Celles-ci étaient arrosées tous les deux jours. Celles exposées en plein soleil l'étaient deux fois par jour, parfois trois. De cette façon, l'humidité du sol était de part et d'autre à peu près la même. L'aspect et la compacité du sol l'indiquaient suffisamment.

Les plantes mises en expérience provenaient, les unes du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, les autres de semis de graines fournies par le jardin botanique de Dijon ou achetées au jardin Alpin de Genève.

Les semis, faits sous châssis vitré, fournissaient des plants parmi lesquels on choisissait, pour chaque espèce, quatre exemplaires, aussi semblable que possibles. Deux étaient repiqués au soleil et deux autres sous la tonnelle.

Enfin, comme certaines des plantes, sur lesquelles j'expérimentais, ne supportent pas ou supportent mal et difficilement la transplantation, les semis étaient pour elles faits dans des pots et ceux-ci n'étaient mis à l'ombre ou en plein soleil que lorsque les jeunes plants avaient leur première feuille bien développée.

A ce propos, j'ajouterai qu'il est de toute importance, lorsqu'une observation doit porter sur des plantes élevées en pots, que pour un même lot, le volume de chaque pot soit semblable, ainsi que la nature de la terre dont le pot est rempli; qu'enfin, il est impossible de comparer une plante élevée en pot à une autre développée en pleine terre.

Comme, ainsi que nous le disions tout à l'heure, les résultats obtenus dépendent et de la nature des plantes mises en expérience et de l'intensité de la lumière, j'ai pris des plantes aussi variées que possible : 28 espèces appartenant à 16 familles différentes.

Enfin j'ai essayé de déterminer, par un procédé simple, mais avec une approximation suffisante, les rapports d'intensité de la lumière dans les deux milieux où les plantes se développaient. Pour cela, je comparais les temps nécessaires pour obtenir une même teinte brun chocolat sur deux morceaux de papier Lumière, au citrate d'argent, exposés simultanément, l'un à la hauteur des fleurs mises à l'ombre, l'autre à la hauteur des fleurs exposées en plein soleil. Ces rapports variaient avec l'heure de la journée, l'état du ciel. Par un beau temps, il fallait respectivement cinq minutes au soleil et trente minutes à l'ombre, pour obtenir la même intensité de ton, sur les deux morceaux de papier servant de photomètre.

Par temps couvert, il fallait huit minutes et quarante minutes.

En somme, l'intensité lumineuse sous la tonnelle était cinq à six fois moindre qu'en plein air.

IV. — DÉTAIL DES EXPÉRIENCES.

Voici le détail des expériences, qui ont porté sur 28 espèces appartenant à 16 familles différentes.

1° RENONCULACÉES.

Adonis autumnalis.

Pied au soleil.

Floraison : 24 juin.

Fleur d'un rouge sang foncé.

Poids de 3 fleurs, 0^{gr},40.

Poids moyen, 0^{gr},133.

Un seul pied, au soleil, porte au

Pied à l'ombre.

Floraison : 16 juillet.

Fleurs d'un rouge vermillon plus clair (différence faible).

Poids d'une fleur, 0^{gr},03.

Poids d'une autre fleur, 0^{gr},035.

29 juillet, sur ses 21 rameaux, 28 fleurs épanouies, 16 boutons, 35 fructifications.

Chacune de ces fructifications comprend respectivement 43, 49, 33, 43, 48, 49, 41, 49, 36, 51 fruits.

Un pied mis à l'ombre n'a donné que deux fleurs, chacune à l'extrémité des deux uniques rameaux qui composent la plante.

L'unique fructification porte trente fruits.

Un second pied porte au 29 juillet également deux fructifications, l'une de 12 fruits, l'autre de 23, le tout à l'extrémité de l'unique rameau composant la plante et bifurqué à son sommet.

Conclusion. — Floraison notablement plus tardive; fleurs de coloration plus claire, moins pesantes, moins grosses, beaucoup moins nombreuses; fruits beaucoup moins nombreux sur chaque fructification, dans le pied venu à l'ombre qu'à la lumière solaire directe.

Ranunculus repens.

Deux pieds de *Ranunculus repens* sont, le 3 avril, repiqués l'un à l'ombre, l'autre au soleil.

Pied au soleil.

Floraison le 1^{er} mai.

Au 23 mai, il porte 9 fleurs, 14 boutons, 16 fructifications.

Malgré le peu d'intervalle qui sépare la floraison du pied à l'ombre de celui au soleil, les akènes sont ici considérablement plus gros qu'à l'ombre.

Le pied a émis une quinzaine de rameaux rampant qui déjà s'enracinent dans le sol.

La corolle est d'un jaune orange plus foncé. Les pétales sont plus larges. Les sépales sont jaunes, teintes de rouge.

Poids moyen d'une fleur, 0^{gr}, 16.

Longueur moyenne des pédoncules, 30 millimètres.

Diamètre moyen des pédoncules, 1^{mm}, 6.

Pied à l'ombre.

Floraison le 3 mai.

Au 23 mai il porte 6 fleurs, 11 boutons et 6 fructifications.

Fruits plus petits se développant lentement.

Le pied au lieu de ramper, a ses rameaux dirigés plus ou moins obliquement vers le haut. Deux commencent à se recourber vers le sol, étant trop longs et trop minces pour rester droits. Aucun d'eux n'est enraciné.

La corolle est d'un jaune plus pâle. Les pétales sont beaucoup moins développés. Les sépales sont verts ou d'un jaune pâle.

Poids moyen d'une fleur, 0^{gr}, 14.

Longueur moyenne des pédoncules, 50 millimètres.

Diamètre moyen des pédoncules, 1^{mm}, 4.

Conclusion. — Fleurs plus nombreuses, mieux développées, plus colorées; fruits plus volumineux au soleil qu'à l'ombre.

Aquilegia vulgaris. (Pl. XIII, fig. 14 et 15.)

Deux pieds d'*Aquilegia vulgaris* sont, le 25 mars, repiqués, l'un au soleil l'autre à l'ombre.

Pied au soleil.

Floraison le 6 mai.

Les fleurs brièvement pédicellées, pendantes, sont disposées en grappes paniculées, chaque panicule se composant de trois fleurs.

Coloration violacée.

Calice et corolle notablement plus volumineux.

Étamines moins saillantes à l'extérieur de la fleur.

Pédoncule plus court, plus gros.

Pied à l'ombre.

Floraison le 10 mai.

Les fleurs plus longuement pédicellées sont bien moins nombreuses; elles sont solitaires au lieu d'être groupées par trois.

Coloration lilas plus pâle.

Sépales et pétales plus petits. Les étamines, groupées en un faisceau central, sont longuement saillies au dehors de la fleur.

Le pédoncule de la fleur plus long a son diamètre de un tiers environ inférieur à celui du soleil.

Conclusion. — Fleurs plus nombreuses, mieux développées, plus colorées au soleil qu'à l'ombre; la corolle est surtout modifiée.

2° PAPAVERACÉES.

Meconopsis cambrica. (Pl. XIII, fig. 16 et 17.)

Pied au soleil.

Floraison le 28 mai.

Au 17 juin, 8 fruits. Le pied n'a plus de fleurs; il n'en donnera plus.

Coloration rouge brique.

Diamètre des fleurs : 55^{mm}, 57^{mm}, 60^{mm}, 65^{mm}.

Diamètre des pédoncules : 2^{mm}, 5.

Les fruits plus gros ont en moyenne 7,5 à 8 millimètres de diamètre à leur sommet sur 22 de longueur.

Les graines sont beaucoup plus nombreuses que dans les fruits du pied venu à l'ombre.

Pied à l'ombre.

Floraison le 17 juin.

Au 17 juin une seule fleur et pas de boutons.

Coloration notablement plus pâle.

Diamètre de l'unique fleur : 42 millimètres.

Diamètre du pédoncule : 4^{mm}, 6.

Une deuxième fleur apparaît le 23 juillet. Diamètre : 40 millimètres.

Une troisième apparaît le 4 août.

Les trois fleurs ont donné chacune un fruit. Ces fruits coniques sont un peu moins hauts que ceux du pied au soleil, et beaucoup plus grêles.

Secs, ils ont 19^{mm}, 5 de haut sur 5^{mm}, 4 au sommet au-dessous de l'opercule.

Conclusion. — Cette Papavéracée, aux pétales d'un jaune soufre, aime les rocailles ombragées, les expositions au nord.

Elle diffère à ce point de vue de la suivante et c'est là sans doute ce qui nous explique pourquoi celle-ci a donné des fleurs et des fruits, alors que l'autre est restée stérile. La lumière diffuse a cependant eu son action, car on observe : Fleurs très réduites en nombre et en dimensions ; fruits plus petits, moins riches en graines ; floraison tardive et se prolongeant plus longtemps (deux fleurs en un mois et demi) sur le pied venu à l'ombre. En outre, le pied mis à l'ombre donne naissance à un rameau rampant, long de 30 centimètres environ, à l'extrémité duquel s'élève une rosette de feuilles entourant un long pédoncule floral.

Escholtzia californica.

Cette Papavéracée est une plante des terrains secs et ensoleillés. Le pied au soleil n'a cessé de donner, du milieu de mai en octobre, une abondante floraison. Le pied mis à l'ombre n'a donné ni fleurs, ni boutons. En revanche, son appareil végétatif est extraordinairement développé. Sa longueur, beaucoup plus grande que celle du pied au soleil, est telle que les rameaux, incapables de supporter les nombreuses pousses latérales qui s'en détachent, rampent sur le sol. De distance en distance, des rosettes de feuilles se dressent verticalement sur le rameau rampant.

3. CRUCIFÈRES.

Brassica sativa.

J'enferme dans une sorte de chambre aux parois en toile cirée, mais ouverte par le haut, un pied de chou, portant des rameaux florifères. Certains de ces rameaux sortent librement par des ouvertures de la paroi et se développent au soleil. D'autres restent protégés, par les parois de la boîte, contre l'action de la lumière solaire directe.

Les fleurs de ces derniers rameaux sont plus longues à apparaître. Leurs sépales sont verts, leurs pétales d'un jaune pâle.

Les sépales des fleurs au soleil sont d'un jaune d'or et les pétales d'un beau jaune soufre. Les entre-nœuds qui sé-

parent, sur la grappe qui les porte, les différentes fleurs, sont beaucoup plus longs à l'ombre. Pour un même nombre de fleurs, vingt-quatre par exemple, la région de la grappe qui les porte a 11 centimètres à l'ombre, 7 seulement au soleil. Enfin les pédoncules floraux sont, pour des fleurs ayant même rang sur l'axe de l'inflorescence, de $1/3$ en moyenne plus longs à l'ombre qu'au soleil.

Quant au volume et au poids des fleurs, ils sont dans les deux cas très sensiblement les mêmes.

Conclusion. — Des différences appréciables apparaissent donc entre les fleurs des *rameaux d'un même pied*, exposés les uns au plein soleil, les autres à l'ombre.

Un retard dans la floraison, l'allongement des pédoncules et de l'axe de l'inflorescence, l'affaiblissement des couleurs du périanthe, sont les principales différences à signaler dans l'exemple choisi.

4. CISTACÉES.

Helianthemum apenninum.

Cette plante est, comme l'*Escholtzia*, héliophile. Elle aime les expositions chaudes et sèches. Le pied au soleil a donné de fin mai jusqu'en septembre, une abondante production de grappes de fleurs d'un blanc pur. Le pied, mis à l'ombre, a donné quelques boutons qui se sont desséchés sans fleurir. L'appareil végétatif est bien développé, sans être exubérant comme celui de l'*Escholtzia*.

5. LINACÉES.

Linum grandiflorum (rubrum). (Pl. XIII, fig. 10 et 11.)

Cette plante, d'une hauteur de 25 à 30 centimètres, porte des fleurs dont la corolle a plus de 30 millimètres de diamètre. Ses cinq pétales étalés sont d'un *rouge éclatant* et striés à leur base d'une teinte *fauve*, formant au centre de la fleur une sorte de petite couronne.

Pied au soleil.

Floraison le 30 juin.

Au 20 juillet, ce pied porte 13 fleurs en bouton, 3 épanouies, 2 fruits.

Les fleurs pèsent à cette date en moyenne 0^{sr},084.

Leur coloration est d'un rouge vif.

Leur diamètre varie de 30 à 32 millimètres.

Les pédoncules ont environ 10 millimètres de long et sont plus épais.

Pied à l'ombre.

Floraison le 8 juillet.

Au 20 juillet, ce pied porte 12 boutons et 1 fruit.

Les fleurs pèsent à cette date en moyenne 0^{sr},062.

Leur coloration est plus pâle.

Leur diamètre varie de 23 à 29^{mm}.

Pédoncules de 20 à 25 millimètres ; plus grêles.

Conclusion. — Floraison plus précoce ; fleurs plus volumineuses, plus lourdes, plus éclatantes, plus nombreuses au soleil qu'à l'ombre.

6. GÉRANIACÉES.

Tropæolum majus (var. *nanum*).

Pied au soleil.

Floraison le 3 juin.

Le 18 juin, ce pied porte 3 fleurs épanouies, une à demi-épanouie, un bouton.

Les fleurs, notablement plus foncées de ton, sont d'un vermillon écarlate avec pointe d'orange. Les cinq pétales sont normaux, c'est-à-dire irréguliers, mais la différence entre les deux pétales supérieurs et les autres est bien moins prononcée qu'à l'ombre.

Quatre fleurs pèsent respectivement 0^{sr},75, 0^{sr},85, 0^{sr},77, 0^{sr},74.

Pied à l'ombre.

Floraison le 9 juin.

Le 18 juin, ce pied porte 2 fleurs épanouies, une à demi-épanouie.

Les fleurs plus claires sont d'un jaune cadmium orangé.

Deux des pétales sont plus petits que les autres : ce sont les pétales supérieurs. Il n'y a pas avortement comme dans l'expérience de M. Vœchting, mais simplement réduction d'ailleurs sensible des dimensions de ces deux organes.

Deux fleurs pèsent, l'une 0^{sr},54, l'autre 0^{sr},56.

Conclusion. — Floraison plus tardive ; fleurs moins abondantes, moins colorées, moins pesantes, plus irrégulières à l'ombre qu'au soleil.

Erodium Manescavi.

Cette plante est héliophile. Elle se développe de préférence dans les terrains secs, siliceux et bien exposés. On l'emploie d'ailleurs fréquemment pour l'ornementation des rochers et rocailles. Le pied au soleil a donné jusqu'à fin septembre une abondante succession de fleurs d'un rouge violacé. Le

pied à l'ombre n'a pas fleuri. Il a donné une rosette touffue de feuilles poilues, pennatiséquées, longues et molles, ne pouvant se tenir dressées comme celles du pied au soleil.

7. MALVACÉES.

Malope trifida.

Pied au soleil.

Ce pied a fleuri le 10 juillet.

Il a donné 4 fleurs. Le calice, à cinq divisions, doublé d'un calicule à trois pièces, atteint environ le tiers de la hauteur de la corolle.

Les pétales atteignent 45 millimètres de long sur 25 à 28 de large.

Teinte un peu plus foncée ; aussi bien celle du fond que celle des veines qui sont d'un rouge pourpre.

Pied à l'ombre.

Ce pied a fleuri le 21 juillet.

Il a donné 3 fleurs.

Le calice atteint presque la moitié de la hauteur de la corolle. Celle-ci a de courts pétales, longs de 30 millimètres au plus et larges de 15.

Les pétales sont d'un rose un peu plus pâle qu'au soleil ; ils sont parsemés de veines plus foncées que le ton général.

Conclusion. — Les différences portent surtout sur les dimensions des fleurs, notablement plus volumineuses au soleil.

Althæa rosea.

Une bouture d'*Althæa rosea* (var. *nana*) mise en pot, est exposée en mai à la lumière. Deux autres boutures de la même espèce sont mises à l'ombre. Le premier pied a donné, d'août à septembre, quatorze fleurs roses volumineuses. Les deux pieds à l'ombre n'ont donné ni fleurs, ni boutons. L'appareil végétatif peu élevé porte des feuilles longuement pétioolées.

8. LÉGUMINEUSES.

Pisum sativum (var. *nanum*).

Pied au soleil.

Floraison le 2 juin.

Ce pied a donné deux floraisons successives, comptant chacune 12 à 15 fleurs.

Poids moyen d'une fleur, 0^{gr},215.

Longueur, 22 millimètres.

Un autre pied élevé non plus en pleine terre, mais en pot, a donné 3 fruits contenant chacun 3 graines, dont le poids moyen était de 0^{gr},478.

Pied à l'ombre.

Floraison le 30 juin.

Ce pied n'a donné que 3 fleurs.

Poids moyen d'une fleur, 0^{gr},155.

Longueur, 17 millimètres.

Un pied en pot a donné deux fruits contenant l'un deux graines, l'autre une seule.

Poids moyen d'une graine, 0^{gr},466.

Conclusion. — Floraison beaucoup plus tardive; fleurs beaucoup moins nombreuses, plus petites, moins lourdes; fruits moins nombreux; graines moins nombreuses, moins pesantes à l'ombre qu'en plein soleil.

Phaseolus communis.

Pied au soleil.

Poids moyen des fleurs, 0^{sr},427.
Longueur, 11^{mm},8.
Largeur, 11 millimètres au point le plus large.
Les sépales sont notablement plus longs et plus larges au soleil.

Pied à l'ombre.

Poids moyen, 0^{sr},090.
Longueur, 11^{mm},5.
Largeur, 9 millimètres au point le plus large.

Conclusion. — Poids et dimensions des fleurs plus grandes au soleil qu'à l'ombre.

Phaseolus multiflorus.

Pied au soleil.

Première fleur, le 8 juin.
Fleur d'un rouge orangé très intense, plus foncé au dos de l'épéndard. Le calice, d'ailleurs petit, de la fleur est lui-même coloré en rouge au niveau des dents.

Au 29 juillet ce pied, qui a environ 1^m,80 de long, porte 23 grappes de fleurs. Un autre pied voisin 20.

Une de ces grappes porte 10 fleurs, 2 fruits; une autre 11 fleurs, 7 fruits; une troisième 7 fleurs, 1 fruit.

Poids d'une fleur, 0^{sr},201.

Pied à l'ombre.

Première fleur, le 18 juillet.
Les fleurs sont presque décolorées: elles sont d'un rose orangé très pâle, plus accentué suivant les nervures. Pas une seule fleur n'a donné de fruit; elles se flétrissent, passent à une teinte rose chocolat et tombent.

Ce pied, qui déroulé de son support atteint plus de 3 mètres, est venu dans le coin le plus sombre de la tonnelle. Il porte, au 29 juillet, 2 grappes de fleurs, comprenant l'une 2 fleurs et 4 boutons, l'autre 6 boutons et 4 fleurs.

Poids d'une fleur, 0^{sr},193.

Un second pied, venu à l'ombre dans des conditions d'exposition meilleures, m'a donné des différences de coloration bien moindres. Il a en tout produit cinq grappes de fleurs d'un rouge un peu moins vif qu'au soleil, aux sépales verts et non teintés de rose. Ces grappes comprennent chacune six à sept fleurs au plus. L'une de ces grappes donne un seul fruit avec une graine d'ailleurs avortée, l'autre deux fruits contenant

deux et trois graines. Une troisième enfin donne un fruit avorté et un autre contenant deux graines. Les deux autres ne portent pas de fruits. L'appareil végétatif est remarquablement développé.

Conclusion. — Floraison plus tardive; fleurs et fruits beaucoup moins nombreux, moins développés: graines moins abondantes à l'ombre qu'au soleil; remarquable développement de l'appareil végétatif, sur le pied mis à l'ombre.

9. COMPOSÉES.

Helianthus annuus. (Pl. XIII, fig. 18.)

Pied au soleil.

Floraison le 15 juin.

Au 1^{er} août, ce pied a 17 feuilles à l'aisselle de chacune desquelles est un rameau feuillé souvent terminé par une inflorescence.

3 inflorescences sont en pleine floraison; 5 ont déjà perdu leurs fleurons, 7 sont près de s'épanouir.

La tige mesure 1^m,65 de hauteur.

Son diamètre est à la base de 25 millimètres.

Nombre de feuilles, 17.

Le 10 septembre, il porte 16 inflorescences, en fruits ou en fleur.

Le diamètre des inflorescences en pleine floraison est en moyenne de 17 centimètres.

Le diamètre du cercle des fleurs fertiles est de 50 millimètres.

Le nombre des fleurons par inflorescence est en moyenne 29.

Poids de l'inflorescence, 22^{gr},85.

Poids moyen d'un fleuron, 0^{gr},142,

Diamètre de la tige au-dessous de l'inflorescence terminale, 11 millimètres.

Pied à l'ombre.

Floraison le 8 septembre seulement.

L'influence de la lumière atténuée sur cette plante très héliophile s'est manifestée déjà par le retard considérable de la floraison.

La tige mesure à la date du 1^{er} août, 2^m,38.

Son diamètre est de 12 millimètres à la base.

Nombre de feuilles, 34.

Le 10 septembre, le pied à l'ombre n'a qu'une seule inflorescence. Elle est terminale.

Le diamètre de cette inflorescence est seulement de 12 centimètres.

Le diamètre du cercle des fleurs fertiles est de 47 millimètres. On voit que la différence est presque nulle.

Le nombre des fleurons par inflorescence est de 24.

Poids de l'inflorescence, 12^{gr},40.

Poids moyen d'un fleuron, 0^{gr},031.

Diamètre de la tige au-dessous de cette inflorescence, 6 millimètres.

Un troisième pied d'*Helianthus annuus* mis en pot, fut exposé en même temps que les précédents à une lumière diffuse, plus intense que celle qui pénétrait dans la tonnelle

où le second pied était planté. Au 1^{er} août, il avait 1^m,10 de hauteur, la tige mesurait 12 millimètres de diamètre à sa base ; cette tige portait vingt feuilles. A l'aisselle de chacune des trois dernières, naissait un rameau terminé par une inflorescence encore en bouton. Ces trois inflorescences mesuraient, à cette date, l'une 50 millimètres, l'autre 12 millimètres, la troisième 10 millimètres. Au 4 août, la plus ancienne inflorescence, la terminale s'épanouit. Le 9 août, elle pèse 18^{gr},05. Elle se compose de vingt-trois fleurons. Poids de dix fleurons 1^{gr},16, soit une moyenne de 0^{gr},116 pour chacun d'eux. Le diamètre de l'inflorescence est de 15 centimètres. Le diamètre de la partie centrale, c'est-à-dire de la partie fertile de l'inflorescence, est de 45 millimètres.

Conclusion. — Floraison beaucoup plus précoce, inflorescences bien plus nombreuses au soleil qu'à l'ombre et bien plus volumineuses. La différence de volume porte surtout sur les fleurons. Les fleurs fertiles sont beaucoup moins modifiées. Le nombre des fleurons est plus petit à l'ombre qu'à la lumière ; leur poids est moindre. On observe, dans le pied exposé à la faible lumière diffuse, un allongement considérable de la tige, une surproduction de feuilles petites et étroites, enfin la réduction énorme du nombre des inflorescences : une seule au lieu d'une vingtaine sur le pied exposé au soleil.

Cichorium Intybus.

Le 20 juin, j'ai repiqué l'un au soleil, l'autre à l'ombre de la tonnelle, deux pieds de Chicorée portant déjà des boutons. J'ai, jusqu'à la reprise complète, protégé le pied mis au soleil contre l'action directe de ses rayons, aux heures les plus chaudes de la journée ; cela pendant deux jours.

Le 30 juin, de nombreuses inflorescences sont déjà épanouies sur le pied au soleil. Poids moyen de l'une d'elles : 0^{gr},195. Nombre de fleurons d'une inflorescence : en moyenne 17. Le pied à l'ombre porte, à la même date,

trois inflorescences. Le poids moyen de chacune d'elles est de 0^{gr},16. Le nombre des fleurs par inflorescence est en moyenne de 16. Les différences sont encore assez faibles entre les deux pieds. Elles s'accroissent avec le temps.

Au 20 juillet, une seconde floraison succède à la première. Les fleurs au soleil, pèsent en moyenne 0^{gr},190; à l'ombre 0^{gr},098. Elles sont notablement plus volumineuses au soleil qu'à l'ombre, et d'un bleu plus foncé.

Au 5 août, une troisième floraison a lieu sur le pied mis à l'ombre. Sur le pied au soleil, les fleurs se sont succédé sans interruption :

Pied au soleil.

Les inflorescences ne sont pas solitaires. Elles sont groupées par quatre.

Il y en a, en tout, 24.

Le diamètre des inflorescences est de 28 millimètres.

Leur poids moyen est de 0^{gr},195, le même qu'à l'origine.

Le nombre des fleurs d'une inflorescence est de 18 en moyenne.

Leur couleur est d'un bleu plus foncé.

Pied à l'ombre.

Le pied ne porte qu'une inflorescence terminale et une latérale en bouton.

Le diamètre de l'inflorescence épanouie est de 19 millimètres.

Son poids est de 0^{gr},080.

Le nombre des fleurs est, sur les deux inflorescences, de 12 et 14.

Leur couleur est légèrement plus claire.

Conclusion. — Il est intéressant de remarquer que l'action de l'inégalité d'éclairement se fait aussi sentir sur un pied déjà développé, et que cette action s'accroît avec le temps. A l'ombre, les inflorescences sont plus petites, moins nombreuses, moins pesantes, comprennent un nombre moindre de fleurs moins colorées.

Tagetes erecta.

Pied au soleil.

Floraison le 10 juillet.

Poids de l'inflorescence, 2^{gr},708.

Inflorescences très nombreuses, plus larges qu'à l'ombre.

Au 1^{er} août, il y en a une vingtaine.

Pied à l'ombre.

Floraison le 22 juillet.

Poids de l'inflorescence, 1^{gr},405.

Au 1^{er} août, on compte seulement trois inflorescences dont deux en bouton.

Conclusion. — Fleurs un peu plus précoces, plus nom-

breuses, plus volumineuses. Peu ou pas de différence dans la coloration.

Calendula arvensis.

Pied au soleil.

Floraison le 22 mai.

Le pied, au 15 juin, porte 11 inflorescences de couleur jaune orangé.

Le poids de trois de ces inflorescences est de 0^{gr},354, soit une moyenne de 0^{gr},118 pour chacune. Elles portent respectivement 20, 18, 20 fleurons.

Une inflorescence donne en moyenne 9 à 10 graines notablement plus grosses qu'à l'ombre.

Pied à l'ombre.

Floraison le 15 juin.

L'inflorescence unique est jaune cadmium clair.

Le poids de cette inflorescence est de 0^{gr},087. Elle porte de petits fleurons au nombre de 18. Les bractées sont plus nombreuses, plus grêles qu'au soleil.

Une inflorescence donne en moyenne 3 graines.

Enfin d'autres inflorescences venues sur d'autres pieds ne comptent qu'en moyenne 12 à 15 fleurons, au lieu de 18 à 20 au soleil.

Conclusion. — La principale différence entre les deux pieds réside dans le moins grand nombre d'inflorescences, leurs moindres poids et volume, le moins grand nombre de fleurons, et de graines, enfin la coloration plus claire à l'ombre qu'au soleil.

10. CAMPANULACÉES.

Campanula Medium.

Pied au soleil.

Floraison le 20 juin.

Le pied a donné 21 fleurs.

Poids moyen d'une fleur, 1^{gr},574.

Les hauteurs totales, comptées de la base des cinq appendices foliacés qui accompagnent le calice, sont sur 3 fleurs : 56, 49, 51 millimètres.

Le diamètre, mesuré au point le plus large, est de 46 millimètres.

La couleur est d'un violet bleuâtre assez foncé.

Pied à l'ombre.

Floraison le 27 juin.

Le pied a donné 12 fleurs.

Poids moyen, 0^{gr},809.

Les hauteurs, mesurées dans les mêmes conditions sur deux fleurs, sont 48 et 43 millimètres.

Le diamètre est de 32 et 30,5.

La couleur est d'un lilas pâle. La base de la corolle est presque blanche ou du moins très pâle.

Conclusion. — Les différences principales portent sur les

dimensions et la couleur des fleurs : moindres à l'ombre qu'au soleil.

11. OLÉACÉES.

Syringa vulgaris.

Dans une petite boîte en bois, ouverte d'un seul côté, j'ai fait pénétrer, le 20 mars 1897, un rameau de Lilas terminé par une très courte inflorescence au début de son développement, car elle ne mesurait encore que 13 millimètres de long.

Elle s'épanouit le 25 avril, deux jours avant celle laissée en plein air. Ses fleurs étaient plus pâles, moins colorées que celles développées à la lumière, mais elles m'ont paru plus grandes : leur diamètre moyen était environ 16 millimètres. Trente-neuf de ces fleurs épanouies pesaient ensemble 1^{gr},350, tandis que trente-neuf fleurs développées en pleine lumière, pesaient seulement 1^{gr},200. Les fleurs de l'inflorescence développée dans la boîte étaient moins nombreuses, leurs pédoncules plus longs.

Une autre expérience, faite sur un Cerisier, m'a fourni des résultats analogues.

Le 20 mars 1897, j'enferme dans une sorte de boîte, formée d'une monture en fil de fer, supportant une toile cirée, l'extrémité d'un rameau de Cerisier. Le 13 avril, je pèse dix fleurs développées dans cette boîte, et dix venues en plein air. Le poids total de ces dernières était 2^{gr},30 ; le poids de celles venues dans la boîte 2^{gr},65 ; en outre, elles étaient plus larges, plus blanches. Leurs pédoncules, plus longs de 7 à 8 millimètres, étaient d'un vert très clair, alors que ceux des fleurs venues en plein air étaient teintés de rose, ainsi que les bractées qui les entourent à la base.

Il est assez facile de s'expliquer l'apparente contradiction de ces résultats avec ceux que nous avons obtenus dans les cas précédents.

Les mois de mars et avril furent très froids en 1897. De

fortes gelées causèrent même en avril de grands dommages aux arbres fruitiers.

L'inflorescence de Lilas, le rameau du Cerisier bien protégés contre le froid et surtout le rayonnement nocturne, pouvaient évidemment fleurir plus tôt que ceux laissés en plein air. D'autre part, la chaleur favorise en l'activant le développement des organes. De là, la différence de volume et de poids observés en faveur des fleurs développées à l'abri du froid. Mais, chose intéressante à noter, les autres différences résultant de l'inégalité de l'éclairement, telles que : coloration moins vive, plus grand allongement des pédoncules, moindre abondance de fleurs à la lumière diffuse faible qu'au plein soleil, sont restées les mêmes malgré l'inégalité des températures.

12. HYDROPHYLLACÉES.

Nemophila insignis. (Pl. XIII, fig. 8 et 9.)

Pied au soleil.

Floraison le 20 juin.

Poids d'une fleur le 10 juillet, 0^{sr},06.

Poids moyen au 18 juillet, 0^{sr},03; 0^{sr},07 le 20; au 10 août, 0^{sr},06.

La moyenne est sensiblement constante, 0^{sr},06.

Pédoncule. — Sa longueur varie de 20 à 25 millimètres, 30 et même 40 millimètres.

Il est notablement plus gros qu'à l'ombre.

Coloration. — La fleur est d'un bleu plus foncé.

Dimensions de la fleur. — Le diamètre, mesuré sur plusieurs fleurs au sommet de la corolle, varie de 24 millimètres à 21^{mm},6.

Le calice atteint environ la moitié de la hauteur.

Les anthères sont noires et arrivent à la hauteur des 2 stigmates.

Pied à l'ombre.

Floraison le 2 juillet.

Poids d'une fleur, le 10 juillet, 0^{sr},032.

Poids d'une fleur, le 18 juillet, 0^{sr},035.

Poids d'une fleur, le 10 août, 0^{sr},020.

Le poids décroît avec le temps; la moyenne est de 0^{sr},029.

Pédoncule. — Très grêle toujours, sa longueur est très variable, 60, 45, 42, 40, 38, 36 millimètres, mais toujours plus grande qu'au soleil.

Coloration. — La fleur est d'un bleu lilas pâle.

Dimensions de la fleur. — Diamètre mesuré sur 3 fleurs au sommet de la corolle, 12^{mm},5, 12^{mm},4, 12^{mm},8.

Le calice dépasse presque la corolle.

Les anthères sont incolores et n'atteignent que le tiers inférieur du style.

Conclusion. — Floraison plus précoce, fleurs plus volumineuses, plus colorées, plus nombreuses, supportées par un pédoncule plus court et plus gros au soleil qu'à l'ombre. La corolle surtout a subi une réduction considérable ; les étamines sont également très courtes. A remarquer encore que la réduction de la fleur s'accroît avec le temps, comme le prouvent les variations de poids de cet organe. Enfin l'appareil végétatif, très développé, émet des rameaux rampant sur le sol.

13. POLÉMONIACÉES.

Cobæa scandens.

Le pied mis à l'ombre n'a donné ni fleurs, ni boutons. La tige grimpante est restée très grêle, mais s'est démesurément allongée : parcourant toute la partie supérieure de la tonnelle. Le pied au soleil est normalement développé. Il a fourni, de fin juillet à octobre, une abondante floraison.

14. CONVULVULACÉES.

Convolvulus arvensis.

Même résultat négatif qu'avec le *Cobæa*. Ce liseron dont la graine, apportée par le vent sans doute, avait germé spontanément, a donné une longue tige grêle qui atteint, sans tenir compte de son enroulement autour du tuteur qui la supporte, une hauteur de plus de 3 mètres. Il n'a donné ni fleurs, ni boutons.

15. BORRAGACÉES.

Borrago officinalis. (Pl. XIII, fig. 6 et 7.)

Pied au soleil.	Pied à l'ombre.
Floraison le 25 juin.	Floraison le 2 juillet.
Poids des fleurs, 0 ^{gr} ,15 à 0 ^{gr} ,17.	Poids de l'unique fleur, 0 ^{gr} ,10.
Au 10 juillet, deux pieds au soleil ont trois cimes terminales comptant	Au 10 juillet, un pied mis à l'ombre porte trois cimes terminales comp-

en tout 31 fleurs, boutons ou fruits, 31 dans l'un, 32 dans l'autre, plus trois petites cimes encore peu développées mais possédant respectivement 4, 6, 3 fleurs et 4, 5, 7 boutons.

Poids. Au 16 juillet, une fleur pèse 0^{gr},16, soit la moyenne du 25 juin.

Coloration. Bleu plus foncé.

tant en tout 16 fleurs, tant en boutons qu'épanouies ou en fruits; pas de cimes latérales; des bourgeons feuilles les remplacent.

Poids. Au 16 juillet une fleur pèse 0^{gr},09.

Coloration. La teinte est d'un bleu très pâle avec des taches blanches éparses.

Conclusion. — Floraison plus précoce, fleurs plus abondantes, plus colorées, plus volumineuses et plus lourdes au soleil qu'à l'ombre. La différence porte surtout sur la corolle. Le calice est relativement moins modifié.

Omphalodes linifolia.

Pied au soleil.

Diamètre de la fleur, 43^{mm},40.

Pédoncule de la fleur, diamètre 11/10 de millimètre.

Poids de cinq grappes de trois fleurs en boutons, 0^{gr},13.

Pied à l'ombre.

Diamètre de la fleur, 6^{mm},80.

Pédoncule de la fleur, 5 à 6/10 de millimètre.

Poids de cinq grappes de trois fleurs en boutons, 0^{gr},10.

Conclusion. — Fleurs plus petites, moins nombreuses à l'ombre. Chaque grappe comprend un nombre moindre de fleurs à l'ombre qu'à la lumière.

16. SOLANACÉES.

Nicotiana Tabacum. (Pl. XIV, fig. 19 et 20.)

Pied au soleil.

Floraison le 26 juillet.

A cette date, le pied mesure 1^m,60 de haut et porte 15 feuilles, 7 rameaux florifères, comptant en tout 40 fleurs épanouies et une centaine de boutons.

Pied à l'ombre.

A cette date du 26 juillet, le pied, mis à l'ombre, mesure seulement 50 centimètres. Il n'a ni fleurs ni boutons.

La tige est grêle, porte des feuilles beaucoup moins développées qu'au soleil.

Les premiers boutons n'apparaissent que le 28 septembre. Une seule fleur s'épanouit le 10 octobre. Elle est nettement cléistogame. Cette fleur est petite, peu colorée. Le pied avait 1^m,50 environ.

Un second pied a été planté en plein air, devant un mur

assez élevé, orienté à peu près est-ouest. Ce mur ne laisse arriver à la plante les rayons directs du soleil, que durant les premières heures de la journée et vers le soir au coucher du soleil. Tout le reste du temps, ce pied reçoit, tant du ciel que des murs très blancs qui l'entourent, une belle lumière diffuse. Ce pied ne présente pas de différences apparentes avec le pied laissé au soleil. Il atteint 1^m,70 de haut, et porte une quinzaine de très belles feuilles et de nombreuses fleurs.

Un certain nombre de plantes : Pensées, Giroflées, Pelargoniums, qui se trouvaient là, n'ont pas semblé avoir plus que lui souffert de cette exposition. Ceci tendrait à prouver que l'action *directe continue* du soleil, n'est pas nécessaire aux plantes. Pour certaines d'entre elles, nous admettrions même qu'elle leur est plutôt défavorable.

Petunia nyctaginiflora. (Pl. XIII, fig. 12 et 13.)

Pied au soleil.

Floraison le 7 juin.
Poids de trois fleurs sans le pédoncule, 1^{gr},560.
Poids moyen, 0^{gr},520.
Longueurs des pédoncules, 25, 30 et 30 millimètres.
Longueur totale du calice, 20, 18 et 20 millimètres.
Diamètre de la corolle, 62, 60, 58 millimètres, mesuré au sommet de la fleur.
Diamètre du pédoncule, 2^{mm},5.
Depuis les premiers jours de juin, une floraison abondante s'est prolongée jusqu'en octobre.
Au 5 août chaque pied portait une soixantaine de fleurs épanouies et de très nombreux boutons et fruits.

Pied à l'ombre.

Floraison le 31 juillet.
Poids de l'unique fleur à cette date, compté sans le pédoncule, 0^{gr},406.
Longueur du pédoncule, 46 millimètres.
Longueur totale du calice, 28 millimètres.
Diamètre de la corolle, 42 millimètres ; 44 millimètres sur une autre fleur.
Diamètre du pédoncule, 1^{mm},6.
Ce pied n'a donné qu'un très petit nombre de fleurs.
Au 5 août, il n'en avait encore produit que trois.

Conclusions. — Floraison plus précoce, fleurs beaucoup plus nombreuses, plus volumineuses, plus lourdes au soleil qu'à l'ombre. Cependant les sépales, plus grêles, plus minces sont plus longs ; les pédoncules beaucoup plus grêles sont notablement plus longs à l'ombre qu'à la lumière.

V. — CONCLUSIONS.

Lorsqu'on étudie l'action de la lumière atténuée sur le développement des fleurs, on remarque tout d'abord que tant que l'éclairement ne descend pas au-dessous d'un certain minimum, que nous nommerons *minimum d'influence*, les différences avec les plantes venues au plein soleil sont à peu près nulles. Ceci semblerait déjà prouver que l'éclairage solaire direct n'est pas absolument nécessaire aux plantes. Peut-être même, pour un certain nombre d'entre elles, cette action directe *continue* serait-elle plutôt défavorable.

Il existe à côté de ce minimum, au-dessous duquel on voit apparaître dans les fleurs des modifications plus ou moins importantes, un second minimum plus faible que nous nommerons *minimum de floraison*, au-dessous duquel la plante ne fleurit plus. Ce second minimum est, comme le premier, très variable, suivant que l'on s'adresse à une plante héliophile ou ombrophile.

On comprend qu'il soit pratiquement impossible et peut-être sans grand intérêt, de rechercher, pour les diverses espèces ou variétés, ces différents minima. D'ailleurs cette recherche semble à peu près impossible, si l'on veut opérer à la lumière solaire, en raison des variations irrégulières et continuelles de son intensité. Il faudrait donc employer une source lumineuse artificielle constante, l'arc électrique par exemple, et l'on pourrait peut-être ainsi déterminer le nombre de carrels-heure nécessaires à la formation des fleurs. En outre, il faudrait connaître la composition spectroscopique de cette lumière, sa richesse en rayons chimiques et calorifiques, car on sait que les différentes radiations ont une action très variable, sur la formation des fleurs, comme du reste sur toute la végétation.

1° *Formation des fleurs. Grand développement de l'appareil végétatif.* — Nous nous sommes contenté d'opérer avec la lumière solaire. Nous avons choisi un éclairement moyen, cinq à six fois moindre que l'éclairement direct. Cet éclaire-

ment, inférieur au minimum de floraison pour certaines espèces très héliophiles, était toujours inférieur au minimum d'influence pour les espèces les plus ombrophiles.

Dans ces conditions, vingt sur vingt-six des plantes mises en expérience ont donné des fleurs plus ou moins nombreuses et modifiées suivant les espèces. Celles qui n'ont pas fleuri étaient des plantes de plein soleil, aimant les expositions chaudes et sèches.

Lorsque la plante ne donnait pas de fleurs ou n'en donnait que peu, on observait la très curieuse transformation des bourgeons floraux en feuilles et en rameaux. L'appareil végétatif exubérant était surchargé de feuilles plus ou moins étroites et de rameaux grêles. La tige, trop frêle, était parfois incapable de porter toute cette surcharge et rampait sur le sol. C'est ainsi qu'un pied d'*Escholtzia*, qui n'avait pas donné de fleurs, avait une tige longue de plus de 1^m,20, qui rampait sur le sol, alors que le pied au soleil atteignait 40 à 50 centimètres de haut. De même un pied de *Meconopsis cambrica* émettait, au niveau du sol, un rameau rampant long de 30 centimètres, à l'extrémité duquel se dressait une rosette de feuilles entourant un haut pédoncule floral. De même encore, chez un pied de *Nemophila insignis*, dont certains rameaux trop longs, trop grêles rampaient sur le sol. Enfin, un pied d'*Helianthus annuus* portait avec peine à l'extrémité d'une tige grêle, longue de 2^m,40, munie de nombreuses feuilles étroites, l'unique inflorescence terminale.

2° *Retard de la floraison.* — Dans tous les cas, sans exception, j'ai observé un retard plus ou moins considérable dans la floraison chez les plantes exposées à la lumière diffuse faible. Ce retard était très variable : souvent il était de quinze jours à trois semaines; de quelques jours seulement chez les plantes, qui, comme *Ranunculus repens*, *Campanula Medium* recherchent, volontiers les endroits ombragés. Avec des plantes héliophiles comme le Tabac, le Soleil, le retard dépassait deux mois.

Il est à noter que le retard est d'autant plus grand que

l'action de la lumière atténuée sur la plante, a été plus prolongée. On ne pourrait donc comparer entre elles, à ce point de vue, comme d'ailleurs à tout autre égard, des plantes qui auraient été : les unes semées en place, les autres repiquées après l'apparition de leurs premières feuilles, par exemple, ou à plus forte raison, lorsque l'appareil végétatif est plus développé. Le retard apporté à la floraison sera plus grand pour les premières que pour les secondes, et bien plus grand encore pour les secondes que pour les troisièmes.

3° *Nombre des fleurs*. — Dans tous les cas, sans exception, le nombre des fleurs est, sur les pieds venus au soleil, plus considérable que sur ceux venus à la lumière atténuée. Les différences varient suivant que les plantes sont plus ou moins héliophiles. C'est ainsi qu'avec les espèces très sensibles, comme le Soleil, je n'obtiens à l'ombre qu'une seule inflorescence, au lieu de 16 à la pleine lumière. *Phaseolus multiflorus* donne au soleil une vingtaine de grappes, comptant chacune 10 à 12 fleurs, soit en tout : 200 à 250 fleurs et 30 seulement à l'ombre.

Lorsque, comme chez les Composées, il s'agit d'inflorescences en capitule, la différence porte, non pas sur les fleurs fertiles, dont le nombre varie peu, mais sur les fleurons (Radiées) ou sur les fleurs marginales dont le nombre diminue sensiblement.

Il est intéressant de rapprocher ce résultat de celui obtenu par M. A. Weisse (1), en étudiant l'influence des conditions de nutrition sur le nombre des fleurs marginales chez les Composées. L'auteur a observé qu'une nutrition plus ou moins favorable augmentait ou diminuait sensiblement le nombre de ces organes.

4° *Volume et poids*. — En général, mais non toujours, nous avons observé une différence appréciable de poids entre les fleurs du soleil et celles de l'ombre. Ainsi que nous le disions tout à l'heure, à propos du nombre des fleurs, les

(1) A. WEISSE, *Die Zahl der Rundblüten an Compositen-Köpfchen*, etc. (Jahrbücher für wiss. Bot. Vol. XXX. 1897).

espèces héliophiles sont les plus atteintes. Un fleuron d'*Helianthus annuus* pèse 0^{gr},142, au soleil, et seulement 0^{gr},031, à l'ombre, moins du quart par conséquent. Un capitule de *Cichorium Intybus* pèse 0^{gr},195, au soleil, 0^{gr},086, à l'ombre, moins de la moitié, etc. La diminution notable de poids est le cas général ; parfois cependant la différence est faible. Chez *Phaseolus multiflorus*, la fleur, au soleil, pèse 0^{gr},201 et, à l'ombre, 0^{gr},195 ; une fleur de *Pisum sativum* pèse 0^{gr},478, au soleil, et 0^{gr},466, à l'ombre.

La différence de volume accompagne nécessairement la différence de poids. Les fleurs sont généralement moins développées à l'ombre. Tantôt cette différence dans les dimensions n'intéresse que la corolle ou du moins l'affecte principalement, tantôt au contraire la réduction porte sur toutes les parties de la fleur.

Nous trouvons le premier cas réalisé chez *Linum grandiflorum*. Non seulement en effet, ses pétales ont un limbe plus petit, mais l'onglet qui porte chacun d'eux diminuant de hauteur, le tube de la corolle se trouve ainsi réduit. On voit alors les étamines faire saillie au-dessus de la corolle étalée, de toute la hauteur de leurs longues anthères. Au soleil, celles-ci affleurent à peine le niveau supérieur du tube. Nous trouvons le second cas assez souvent réalisé, par exemple, chez *Nemophila insignis*, *Petunia nyctaginiflora*, *Borrago officinalis*, etc...

Enfin il est à noter qu'en général, les organes reproducteurs sont les moins influencés par la diminution d'éclairement. Parfois, l'irrégularité de la corolle s'accroît. C'est ainsi que chez la Capucine, on voit l'inégalité des pétales se prononcer.

Nous n'avons cependant pas observé la disparition de certains d'entre eux, que signale en pareil cas M. Vœchting. Sans doute, il opérait à un éclaircissement inférieur au nôtre. Quant aux cas de cleistogamie, décrits par certains auteurs, je n'ai observé le fait que sur le Tabac, parmi les plantes sur lesquelles j'ai expérimenté.

Couleurs. — En général, les fleurs venues au soleil sont

plus colorées que celles venues à l'ombre. Le fait n'est pas absolument constant. Les différences sont parfois peu accentuées, mais cependant appréciables, par exemple chez *Adonis autumnalis*, *Tropæolum majus*, *Cichorium Intybus*, *Ranunculus repens*. Elles sont nulles chez *Tagetes erecta*. *Helianthus annuus*; bien marquées chez *Nemophila insignis*, *Borrago officinalis*, *Brassica sativa*, *Meconopsis cambrica*, etc.

Cette décoloration partielle de la fleur à la lumière diffuse faible peut s'expliquer, à notre avis, par une moindre activité de la fonction assimilatoire.

Nous avons vu, en effet, dans une autre partie de ce travail, que les matières colorantes pigmentaires étaient, en général, considérées comme des produits de transformation directe ou indirecte de la chlorophylle, et celles en solution, des produits de transformation des tanins. On conçoit donc que toute cause capable de ralentir l'activité assimilatoire ralentira aussi la formation de la chlorophylle, et par suite les proportions, par conséquent l'intensité colorante des produits qui en dérivent. Quant aux tanins d'où semblent provenir la plupart des matières colorantes en solution, qu'on les considère comme des matières de réserve ou comme des produits de désassimilation, il est évident que toute cause qui ralentira la nutrition, en diminuera les proportions et, par conséquent, celles des sucs colorés qu'ils engendrent.

Cette considération admise, on conçoit que des plantes à appareil végétatif bien développé puissent, à l'aide des réserves accumulées avant la floraison, épanouir dans une lumière très atténuée les rares fleurs qu'elles portent et les colorer de façon presque aussi intense qu'à la lumière directe. Tel est le cas pour *Tagetes erecta*, *Helianthus annuus*. Au contraire, la plante dont les réserves sont peu abondantes, dont l'appareil végétatif est peu développé, ne peut qu'incomplètement alimenter la fleur en formation, et cela d'autant moins que la croissance de celle-ci est plus rapide et sa vie plus courte.

Aussi, sont-ce surtout les petites plantes annuelles, à corolle délicate, durant peu, aux lissus peu développés, comme *Nemophila insignis*, *Borrigo officinalis*, *Meconopsis cambrica*, etc., qui paraissent le plus influencées.

Il est à noter que, contrairement à ce que M. Flahault (1) avait observé en opérant dans l'obscurité, ce sont les fleurs à pigment jaune qui ont été les moins modifiées, dans leur coloris, par la lumière atténuée. Or ce genre de fleur m'a toujours paru avoir une structure anatomique plus vigoureuse que les autres fleurs. D'autre part, dans le bouton, elles sont en général assez abondamment pourvues de chlorophylle. Peut-être la présence de celle-ci ou encore leur structure plus puissante compensent-elles, pour la fleur, l'affaiblissement de la fonction assimilatoire résultant de l'atténuation de l'éclairement.

Ainsi s'expliquerait l'inégalité d'action de la lumière diffuse faible sur le coloris des diverses fleurs.

Si la lumière a surtout une action indirecte sur la production des matières colorantes, il est cependant difficile de lui refuser absolument toute influence immédiate.

Il est d'expérience vulgaire qu'un fruit vert ou qu'à l'automne une feuille d'*Ampelopsis hederacea*, *Cornus sanguinea*, etc., ne se colorent bien qu'au soleil, et surtout et d'abord sur les parties exposées à l'action solaire directe. Pourquoi l'action de la lumière, incontestable sur le fruit, sur ces feuilles, serait-elle nulle sur la fleur ? Beaucoup de pétioles de fleurs, ceux des fleurs du Cerisier par exemple, sont rouges sur la face qui regarde le soleil, verts sur la face opposée ; on pourrait multiplier les exemples. Enfin, on connaît l'action de la lumière sur les couleurs artificielles, qu'elle modifie souvent profondément.

Je crois donc que les différences de coloration qui s'observent dans les fleurs venues au soleil ou à l'ombre tiennent : 1° surtout à une action indirecte de la lumière par modifica-

(1) FLAHAULT, *loc. cit.*

tion des fonctions de nutrition; 2° à une action directe analogue à celle qui détermine la coloration des fruits et du pédoncule de certaines fleurs; 3° enfin peut-être à une action comparable à celle qu'exerce la lumière sur la plupart des substances colorantes.

Fruits et graines. — Les fleurs étant moins nombreuses à l'ombre qu'au soleil, les fruits le seront également moins. Bien plus, un même nombre de fleurs fournira à une lumière atténuée, un nombre de fruits bien moindre qu'au soleil. Beaucoup avortent, restent en partie atrophiés et sont toujours moins volumineux. Les graines qu'ils renferment sont toujours moins nombreuses et fréquemment plus petites.

Tous ces phénomènes, perte de coloris, de volume et de poids chez les fleurs, retard dans la floraison, moins grand nombre de fleurs, de fruits et de graines, tout cela résulte évidemment de la réduction considérable apportée par une lumière diffuse faible à l'activité de la fonction assimilatoire. C'est la conséquence forcée d'une nutrition insuffisante.

J'ai voulu mettre la chose en évidence par une série d'expériences d'un autre genre. J'ai, sur de très jeunes pieds de *Delphinium Ajacis*, *Adonis autumnalis*, *Helianthus argophyllus*, coupé toutes les feuilles, dès l'apparition des rameaux florifères. Ces pieds ont continué à vivre. Les deux premiers m'ont donné un petit nombre de fleurs plus petites et en partie décolorées, qui se développent lentement. Celles du *Delphinium Ajacis* étaient presque blanches et tachetées de vert au lieu d'être violettes, comme celles du pied témoin. Celles de l'*Adonis autumnalis* étaient d'un rose moins vif que sur le pied normal. L'inflorescence d'*Helianthus argophyllus* ne m'a pas paru moins jaune que dans les conditions ordinaires, mais elle était un peu plus petite. Le pied de *Delphinium* m'a seul donné des fruits, très petits, de 10 à 15 millimètres, au lieu de 25 et 30 comme ceux du pied témoin. *Helianthus argophyllus* s'est flétri avant le complet épanouissement des fleurs fertiles et n'a pas plus que *Adonis autumnalis* donné de fruits. Enfin l'observation suivante

complète et contrôle cette expérience. J'ai plusieurs fois observé, au début de l'hiver, des floraisons tardives sur des pieds de *Delphinium Ajacis*, *Meconopsis cambrica*, *Dahlia* à fleurs rouges, Rose à fleurs jaunes, Bourrache, etc., qui avaient été en partie ou en totalité dépourvus de leurs feuilles par les premiers froids. Ces fleurs tardives, développées dans des conditions défavorables, étaient en général plus petites, d'un ton beaucoup plus pâle que dans la belle saison. Certaines (*Delphinium* et *Meconopsis*) présentaient, sur leurs pétales, des macules blanches plus ou moins étendues. Les résultats de l'expérience, comme ceux de l'observation, justifient donc l'explication que nous avons proposée, puisque chez les plantes, où par la suppression des feuilles, la nutrition est devenue insuffisante, nous observons toute la série des phénomènes obtenus, d'une façon presque constante, chez les plantes exposées à la lumière diffuse.

Résumé des conclusions.

Lorsqu'on fait développer deux exemplaires, aussi comparables que possible, d'une même espèce de plante, d'une part en plein soleil, d'autre part à la lumière diffuse faible, c'est-à-dire cinq à six fois moins intense que la lumière solaire directe, on remarque que sur le pied développé à l'ombre, la floraison est plus tardive, les fleurs moins éclatantes, moins volumineuses et moins pesantes; qu'elles sont moins nombreuses; que leurs pédoncules sont, lorsqu'ils existent, généralement plus longs et plus grêles; que des différentes parties de la fleur, c'est la corolle qui est la plus modifiée et la plus réduite dans ses dimensions; que parfois même il en résulte, pour la fleur, une véritable cléistogamie; que les organes reproducteurs sont les moins influencés; qu'enfin, les fruits sont toujours moins nombreux et contiennent un moins grand nombre de graines, en général plus petites; que toutes ces modifications peuvent, suivant

les espèces, apparaître toutes à la fois ou seulement en partie et qu'elles sont plus ou moins sensibles : 1° suivant la nature de la plante ; 2° suivant les différences d'intensité lumineuse, au point qu'une trop faible lumière rend la floraison impossible et qu'une belle lumière diffuse ne semble pas moins favorable à la plante, du moins à sa fleur que le plein soleil. A notre avis enfin, tous ces phénomènes n'ont d'autre cause qu'une réduction dans l'activité des fonctions de nutrition.

CHAPITRE II

Morphologie interne.

Dans cette deuxième partie, je me suis proposé de rechercher quelles sont les modifications de structure qui apparaissent dans le péricarpe et le pédoncule floral, suivant qu'une même espèce de plantes est cultivée au plein soleil ou à une faible lumière diffuse.

Procédé opératoire. — Les parties à étudier, pédoncule, calice ou corolle sont conservées dans l'alcool à 60°. Au moment de m'en servir, je les plonge dans l'alcool à 96°; puis, s'il s'agit d'un calice ou d'une corolle, j'en découpe un rectangle dont les côtés sont parallèles à la nervure principale. Je l'enferme entre deux lamelles de verre pour lui conserver une surface bien plane et je le plonge dans l'alcool à 100°.

L'organe ainsi durci et déshydraté est porté, toujours entre ses deux lamelles, dans le xylol, jusqu'à transparence complète; de là, durant quelques heures, dans un mélange à parties égales de xylol et paraffine, maintenu à 38°; enfin durant un temps un peu plus long, 10 à 12 heures, dans la paraffine fusible à 45°. On inclut et on coupe. Comme la structure des pétales et des sépales varie avec la région intéressée par la section, la comparaison doit porter sur des coupes faites à la même hauteur. J'ai toujours choisi le milieu de l'organe et les coupes furent faites perpendiculairement à la nervure médiane.

Les fleurs étaient toujours cueillies à l'âge adulte, c'est-à-dire au moment de l'anthèse.

J'ai procédé à l'examen des coupes de la façon suivante, jugeant que pour la comparaison des éléments anatomiques, qui constituait le point intéressant de ces recherches, des dessins faits à la chambre claire pourraient manquer d'exactitude. J'ai, à l'aide d'un oculaire à projection de Zeiss et d'un objectif 7 de Leist, fait de mes coupes, les meilleures, des microphotographies. Les grossissements obtenus variaient de $\frac{100}{1}$, $\frac{125}{1}$ à $\frac{200}{1}$. Pour m'assurer de ces grossissements, je remplace la lame porte-objet par un disque de verre portant un centimètre divisé en dixièmes de millimètres. Les divisions viennent se projeter sur le fond de la chambre noire, que je recule ou avance, jusqu'à ce que un intervalle de $\frac{1}{10}$ de millimètre soit représenté sur le verre dépoli par un centimètre par exemple.

Ces microphotographies, peut-être insuffisantes pour une reproduction phototypique directe, me fournissaient du moins des documents certains. Ceux-ci facilitaient, non seulement l'exécution des dessins qui accompagnent cette description, mais encore la comparaison autrement peu commode des divers organes et des éléments qui les composent dans les fleurs venues au soleil ou à l'ombre. Grâce à ce procédé en effet, j'avais *simultanément* sous les yeux la structure d'un même organe, dans les deux conditions de l'expérience : ombre et soleil.

Pour éviter des redites et abrégier l'exposition, nous conviendrons de distinguer par les lettres S et O les différents organes, suivant qu'ils se sont développés au soleil ou à l'ombre.

C'est ainsi que pédoncule S, calice O signifieront le pédoncule de la fleur développée au plein soleil, le calice de la fleur venue à la lumière diffuse faible.

Nous examinerons successivement, sur trois ou quatre

types différents, les différences de structure qui apparaissent : 1° dans le pédoncule; 2° dans le calice; 3° dans la corolle, suivant que la fleur s'est développée au soleil ou à l'ombre.

1. — PÉDONCULE.

Petunia nyctaginiiflora (Pl. XV, fig. 25 et 26). — Les deux pédoncules S et O ont respectivement $2^{\text{mm}},5$ et $1^{\text{mm}},6$ de diamètre.

Sur les coupes transversales, on remarque que les cellules de l'épiderme diffèrent peu, dans les deux cas, au point de vue des dimensions, du moins dans le sens radial. Dans le sens tangentiel, elles sont un peu plus grandes au soleil. La cuticule est aussi un peu plus épaisse dans les cellules épidermiques du pédoncule S. Chez lui également, les cellules du parenchyme cortical sont plus volumineuses, les lacunes plus grandes. Les différences portent surtout sur les faisceaux libéroligneux. On observe, dans les deux cas, le double liber interne et externe des Solanacées. Dans le pédoncule S, le système libéroligneux forme un cercle ininterrompu, dans lequel les vaisseaux, beaucoup plus larges qu'à l'ombre, sont disposés en files juxtaposées, sans le moindre intervalle. Au contraire, dans le pédoncule O, les différentes files de vaisseaux, outre qu'elles en comprennent chacune un nombre moindre, sont séparées par des intervalles occupés par des cellules de parenchyme. Ces vaisseaux sont de plus sensiblement plus petits qu'au soleil. Le parenchyme médullaire est enfin notablement plus développé et ses cellules plus volumineuses dans le pédoncule S.

Borrigo officinalis (Pl. XV, fig. 27 et 28). — Les deux pédoncules S et O ont respectivement $1^{\text{mm}},2$ et $1^{\text{mm}},6$ de diamètre. Ils portent des poils plus longs sur le pédoncule S. Ces deux pédoncules diffèrent notablement par leur structure interne. Pour l'épiderme, les différences sont assez faibles. Elles portent, comme dans le cas précédent, sur la cuticule plus épaisse et sur la largeur des cellules, plus grandes dans le sens tangentiel dans le pédoncule S. Au-

dessous de l'épiderme, on observe, dans ce même pédoncule, une couche de cellules en palissade, qui fait défaut à l'autre pédoncule. Au-dessous viennent deux couches de cellules arrondies avec méats; puis une région à cellules très sinueuses extrêmement larges, beaucoup plus que dans le pédoncule. Ces sinuosités sont en parties dues peut-être à l'action du rasoir sur des cellules aux parois molles. Peu de différence dans le parenchyme médullaire. La différence principale, extrêmement curieuse, est la présence dans le pédoncule O d'un certain nombre de faisceaux aberrants extérieurs au cercle interne. Il y a là comme deux rangs de faisceaux, alors que, dans le pédoncule S, on observe un seul cercle de faisceaux libéroligneux, d'ailleurs séparés par des intervalles assez grands remplis de cellules de parenchyme. Il semble qu'en raison de la différence de diamètre des deux pédoncules, les faisceaux ne pouvant se loger sur un même cercle se soient disséminés dans ce parenchyme homogène. Enfin les vaisseaux sont, dans le pédoncule venu au soleil, plus larges que dans l'autre.

2. — CALICE.

Campanula Medium (Pl. XIV, fig. 23 et 24). — Les deux calices, ombre et soleil, sont d'épaisseur très inégale. Celui de l'ombre a, au niveau d'une des cinq nervures principales, les $\frac{4}{5}$ de l'autre. L'épiderme inférieur est, dans les deux cas, formé de cellules notablement plus volumineuses que celles de l'épiderme supérieur. Cette différence est moins sensible sur le calice O, car les cellules de cet épiderme inférieur ont chez lui une taille moindre que sur le calice S, surtout dans le sens tangentiel. La différence est assez faible dans le sens radial. La cuticule est, en outre, plus mince sur le calice O que sur l'autre.

Dans le calice S, la nervure principale se compose, pour la partie ligneuse, d'une quinzaine de vaisseaux spiralés, assez irrégulièrement groupés. Elle comprend six files de vaisseaux

formées chacune de deux à six vaisseaux, dont le calibre l'emporte sur celui des vaisseaux du calice O.

Le nombre des vaisseaux est d'ailleurs chez ce dernier la moitié environ de celui des vaisseaux chez le calice S.

Nemophila insignis. — La différence d'épaisseur des deux calices est assez grande. Celle du calice O est les $\frac{3}{4}$ environ de celle du calice S. Cette différence porte d'abord, sur les cellules des deux épidermes qui sont plus développées, plus volumineuses dans le calice S. Quant au parenchyme, il se compose, dans les deux cas, de cellules irrégulières laissant entre elles de larges méats, cellules un peu plus grandes dans le calice S. Quant au faisceau libéro-ligneux, qui compose la nervure principale, il comprend, dans le calice O, un moins grand nombre de vaisseaux, d'ailleurs de plus petit diamètre que sur le calice S.

Tropæolum majus (Pl. XIV, fig. 21 et 22). — Ici encore la différence d'épaisseur entre les deux calices O et S est notable. Au niveau de la nervure médiane, celui de l'ombre est seulement les deux tiers de celui du soleil.

Les autres différences portent encore sur l'épiderme, dont les cellules, surtout celles de l'épiderme supérieur, sont plus volumineuses au soleil qu'à l'ombre. Les différences, d'ailleurs assez faibles, portent surtout sur la largeur un peu plus grande au soleil dans le sens tangentiel. Le parenchyme étoilé est plus développé, les méats plus larges chez ce même calice S. Enfin, le faisceau libéroligneux se compose de cinq petits vaisseaux chez le calice O et de huit à neuf, d'ailleurs un peu plus gros, chez le calice S.

3. — COROLLE.

Helianthus annuus (Pl. XVI, fig. 29 et 30). — Les deux inflorescences du soleil et de l'ombre ont des fleurons, non seulement de dimensions très inégales, mais d'épaisseur très différente. A l'ombre, cette épaisseur n'est guère que les sept-neuvièmes de celle du fleuron venu au soleil. Les nervures

sont en outre, chez les fleurons O, bien moins développées.

Les épidermes sont, au dos des nervures, formés chez les uns comme chez les autres, de cellules allongées dans le sens transversal, par conséquent beaucoup plus aplaties et en même temps plus petites que les cellules épidermiques voisines. La cuticule est légèrement plus épaisse au soleil. La nervure plus volumineuse, chez ce même pied, se compose d'un faisceau libéro-ligneux comprenant cinq à six gros vaisseaux, que le liber entoure en haut et sur les côtés. Au-dessous de ce faisceau, et séparé de lui par quelques cellules aux parois épaissies, vient un très gros canal sécréteur limité par cinq larges cellules sécrétantes.

Dans le pied venu à l'ombre, les vaisseaux sont plus petits et le canal sécréteur considérablement réduit. On ne le retrouve que dans les plus grosses nervures. Il est peu visible et semble faire défaut chez les plus petites, alors qu'il existe à la face interne de celles-ci, dans le fleuron venu au soleil.

L'épiderme interne se prolonge par des sortes de papilles coniques plus volumineuses au soleil.

Petunia nyctaginiiflora (Pl. XVI, fig. 31 et 32). — Sur des coupes transversales, on remarque que les nervures sont notablement plus volumineuses et font davantage saillie à l'extérieur, sur le pied venu au soleil, que sur celui de l'ombre. A ce niveau, les rapports d'épaisseur des deux organes sont comme 4 est à 7. Les cellules épidermiques, peu différentes dans les deux cas, sont allongées dans le sens transversal au dos de cette nervure. Au-dessous, entre l'épiderme et le faisceau libéroligneux viennent des cellules de parenchyme, plus larges et plus nombreuses au soleil. Quant au faisceau libéroligneux, la partie vasculaire est plus développée dans la corolle S.

Le liber interne persiste encore, mais très réduit. Quant au parenchyme qui, en dehors de la nervure, se trouve compris entre les deux épidermes, il est formé de cellules étoilées, laissant entre elles de très larges méats. Enfin, les cellules de l'épiderme supérieur se prolongent par des papilles

coniques beaucoup plus nombreuses au soleil qu'à l'ombre.

Borrago officinalis (Pl. XVI, fig. 33 et 34). — La corolle de la Bourrache est, comme celle de l'Adonis, bien que plus épaisse, formée dans l'intervalle des nervures, de deux à trois zones de cellules étoilées, laissant entre elles de larges méats. Le faisceau de la nervure principale se compose de 5 à 6 vaisseaux juxtaposés en une sorte de ruban. Le liber déborde sur le côté des vaisseaux. Un rang ou deux de cellules aux parois molles, sinueuses, séparent le faisceau des deux épidermes. Sur la fleur venue à l'ombre, l'épaisseur de la corolle n'est que les $\frac{5}{8}$ de celle venue au soleil. Les cellules, tant de l'épiderme que du parenchyme sont notablement plus petites. Les vaisseaux aux parois minces, peu réfringentes, moins facilement colorables, sont notablement plus petits et moins nombreux : deux à trois.

Adonis autumnalis (Pl. XVI, fig. 35 et 36). — La structure de la corolle d'Adonis est on ne peut plus simple. Entre deux épidermes, dont les cellules font légèrement saillie vers l'extérieur, se trouvent, suivant les points, une ou deux assises de cellules aux parois extrêmement minces, sinueuses. Au niveau des nervures, la face dorsale se bombe légèrement : ces nervures se composent de trois ou quatre vaisseaux dans la corolle venue au soleil. Dans celle venue à l'ombre, ce nombre est de deux ou trois. Les vaisseaux y sont en outre plus petits ; enfin l'épaisseur de la corolle est un peu moindre qu'au soleil.

Tropæolum majus (Pl. XVI, fig. 37 et 38). — Nous retrouvons ici les mêmes différences, que nous avons constatées dans les exemples précédents. Au soleil, les cellules épidermiques sont notablement plus volumineuses sur la corolle S. En particulier, celles de l'épiderme supérieur, qui se prolongent en tubercules particulièrement gros au soleil.

Le système vasculaire est un peu plus développé dans la corolle S que dans l'autre. Enfin, l'épaisseur de la corolle est notablement plus grande au soleil. Cette différence tient en partie à la différence de hauteur des épidermes et sur-

tout au plus grand développement et au plus grand diamètre des cellules du parenchyme qui les sépare.

4. CONCLUSIONS.

Au point de vue de la structure, les différences existant entre le pédoncule, le calice et la corolle d'une même espèce développés, les uns à l'ombre, les autres au plein soleil, peuvent se résumer ainsi :

Au soleil, les cellules épidermiques sont souvent plus hautes et la cuticule presque toujours plus épaisse.

Le parenchyme en palissade, lorsqu'il existe, comme dans certains pédoncules, peut faire défaut à l'ombre (exemple Bourrache). Quant au parenchyme qui compose la plus grande partie de ces organes, il est toujours très développé et ses cellules plus volumineuses, au soleil qu'à l'ombre.

Le tissu conducteur est toujours plus développé au soleil : les vaisseaux plus nombreux, plus larges. Enfin, lorsqu'ils existent, les canaux sécréteurs sont plus gros et plus nombreux au soleil.

En résumé, dans toutes ces parties, pédoncule, calice, corolle, la fleur développée au soleil est, au point de vue de la structure interne, plus vigoureuse qu'à l'ombre. Ses tissus sont mieux et plus complètement différenciés.

5. CONCLUSIONS GÉNÉRALES DE LA DEUXIÈME PARTIE.

Lorsqu'on fait développer, d'une part en plein soleil, d'autre part à une lumière diffuse faible, c'est-à-dire cinq à six fois moins intense que la lumière solaire directe, deux exemplaires aussi comparables que possible d'une même espèce végétale, on observe sur le pied venu à l'ombre : floraison plus tardive, fleurs moins nombreuses, moins colorées, moins volumineuses, fruits moins nombreux, moins riches en graines, enfin un développement moins considérable de tous les tissus qui composent le péricarpe.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE XII

Fig. 1. — Fragment de tige (T) portant une feuille (*fe*) et coupé au-dessus et au-dessous de celle-ci. L'extrémité supérieure (*s*) est recouverte de paraffine (*pa*). L'extrémité inférieure plonge dans l'eau (E) d'un tube fermé supérieurement par un bouchon (*b*) recouvert de paraffine (*p*).

Fig. 2. — Fleur (F) dont le pédoncule (*pd*) coupé plonge dans l'eau (E) d'un tube fermé supérieurement par un bouchon (*b*) recouvert de paraffine (*pa*). La fleur est représentée en coupe médiane pour laisser voir, recouverte de paraffine, les attaches du pistil (*pi*) et des étamines (*ee*) qui, dans l'expérience, ont été coupées.

Fig. 3. — Appareil de Melloni, pour l'étude du pouvoir émissif des fleurs. C, cube de Leslie portant sur une face (*fu*) du noir de fumée, sur l'autre (*fl*) des fragments de corolle fixés au vernis à la gomme laque. Un thermomètre T plonge dans l'eau du cube. Ce cube est chauffé par une veilleuse (*v*) à l'huile. Un faisceau de fils de fer (*z*) diminue par son rayonnement et régularise la quantité de chaleur émise par la source. EE, écrans à lame double mobile; E', écran protégeant la face postérieure de la pile; *l*, petit volet mobile jouant le même rôle; P, pile de Melloni; D, écran perforé portant sur sa face antérieure un disque porte-diaphragmes.

Fig. 4. — *Helianthus annuus*. Pied au soleil.

Fig. 5. — — Pied à l'ombre.

PLANCHE XIII

Soleil.	Ombre.
Fig. 6.	Fig. 7. — Fleur de <i>Borrage officinalis</i> .
Fig. 9.	Fig. 8. — Fleur de <i>Nemophila insignis</i> .
Fig. 10.	Fig. 11. — Fleur de <i>Linum grandiflorum</i> .
Fig. 13.	Fig. 12. — Fleur de <i>Petunia nyctaginiflora</i> .
Fig. 15.	Fig. 14. — Fleur d' <i>Aquilegia vulgaris</i> .
Fig. 16.	Fig. 17. — Fleur de <i>Papaver cambricum</i> .

Fig. 18. — Cette figure représente deux demi-inflorescences d'*Helianthus annuus*, appartenant l'une (S) à un pied venu au soleil, l'autre (O) à un pied venu à l'ombre. On les a rapprochées l'une de l'autre pour rendre plus sensibles les ressemblances et les différences existant entre les deux capitules.

PLANCHE XIV

ei, épiderme inférieur; *es*, épiderme supérieur; *fl*, faisceau libéroligneux

Soleil.	Ombre.
Fig. 20.	Fig. 19. — Pied de <i>Nicotiana Tabacum</i> .

- Fig. 21. Fig. 22. — Coupe transversale menée perpendiculairement par le milieu d'un sépale de *Tropæolum majus*.
 Fig. 23. Fig. 24. — Coupe transversale menée perpendiculairement par le milieu d'un des cinq lobes du calice de *Campanula Medium*.

PLANCHE XV

Soleil. Ombre.

- Fig. 26. Fig. 25. — Coupe transversale d'un pédoncule de *Petunia nyctaginiiflora*. — *e*, épiderme ; *p*, poil ; *pc*, parenchyme cortical ; *fl*, faisceaux libéroligneux. Dans la figure 26, ces faisceaux forment un anneau libéroligneux ininterrompu. *le*, liber externe ; *li*, liber interne ; *pm*, parenchyme médullaire.
 Fig. 28. Fig. 27. — Coupe transversale d'un pédoncule de *Borrago officinalis*. — *ep*, épiderme ; *pa*, parenchyme en palissade ; *pl*, parenchyme lacuneux ; *si*, cellules sinueuses ; *fl*, faisceaux libéroligneux ; *fa*, faisceau dit aberrant, c'est-à-dire en dehors du cercle des faisceaux ; *pm*, parenchyme médullaire.

PLANCHE XVI

ei, épiderme inférieur ; *es*, épiderme supérieur ; *fl*, faisceaux ;
p, parenchyme.

Soleil. Ombre.

- Fig. 29. Fig. 30. — Coupe transversale perpendiculaire à une des grosses nervures d'un fleuron d'*Helianthus annuus*.
 Fig. 31. Fig. 32. — Coupe transversale passant par le milieu de la corolle de *Petunia nyctaginiiflora*. Cette coupe est perpendiculaire à une des cinq grosses nervures qui parcourent cette corolle.
 Fig. 33. Fig. 34. — Coupe transversale passant par le milieu d'un des cinq lobes de la corolle de *Borrago officinalis*.
 Fig. 36. Fig. 35. — Coupe transversale passant par le milieu d'un pétale d'*Adonis autumnalis*.
 Fig. 37. Fig. 38. — Coupe transversale passant par le milieu d'un pétale de *Tropæolum majus*.

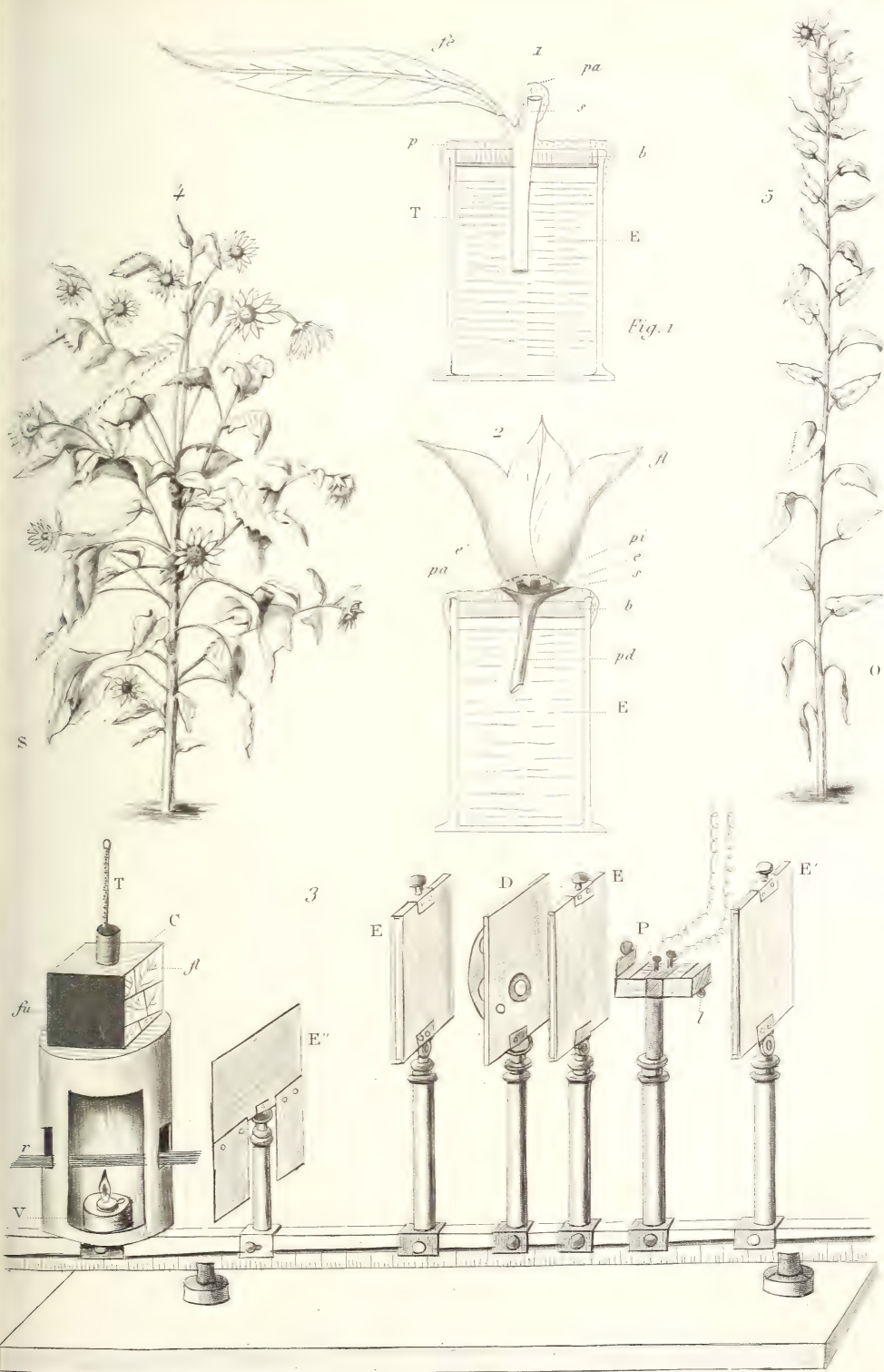
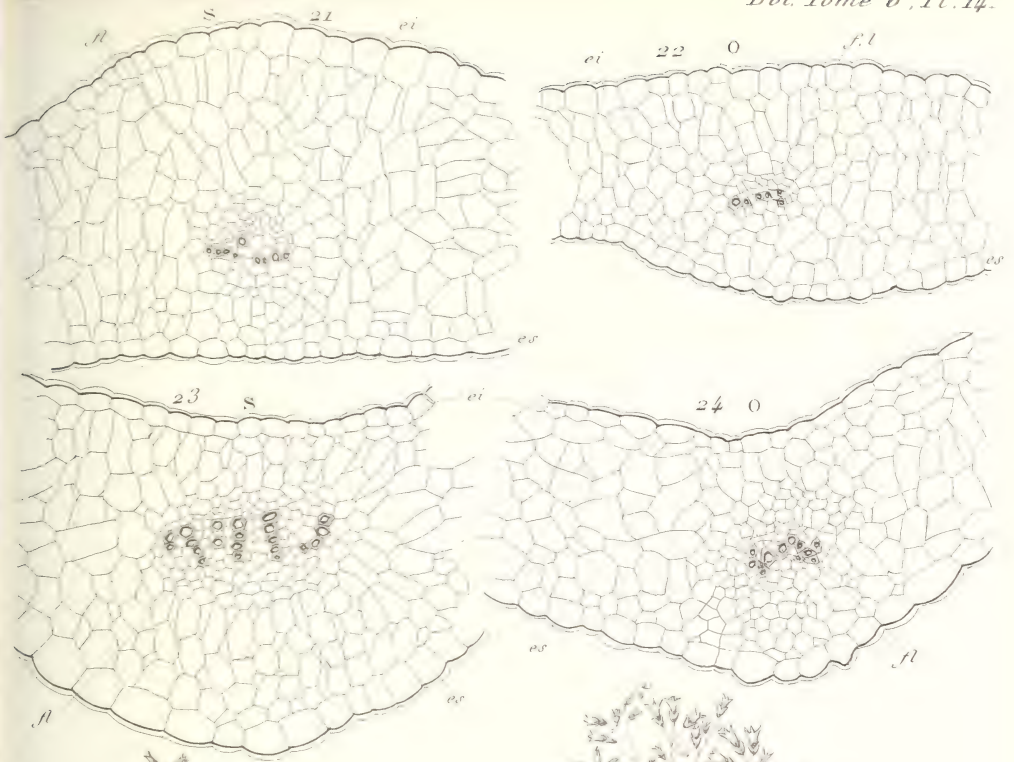


Fig. 1

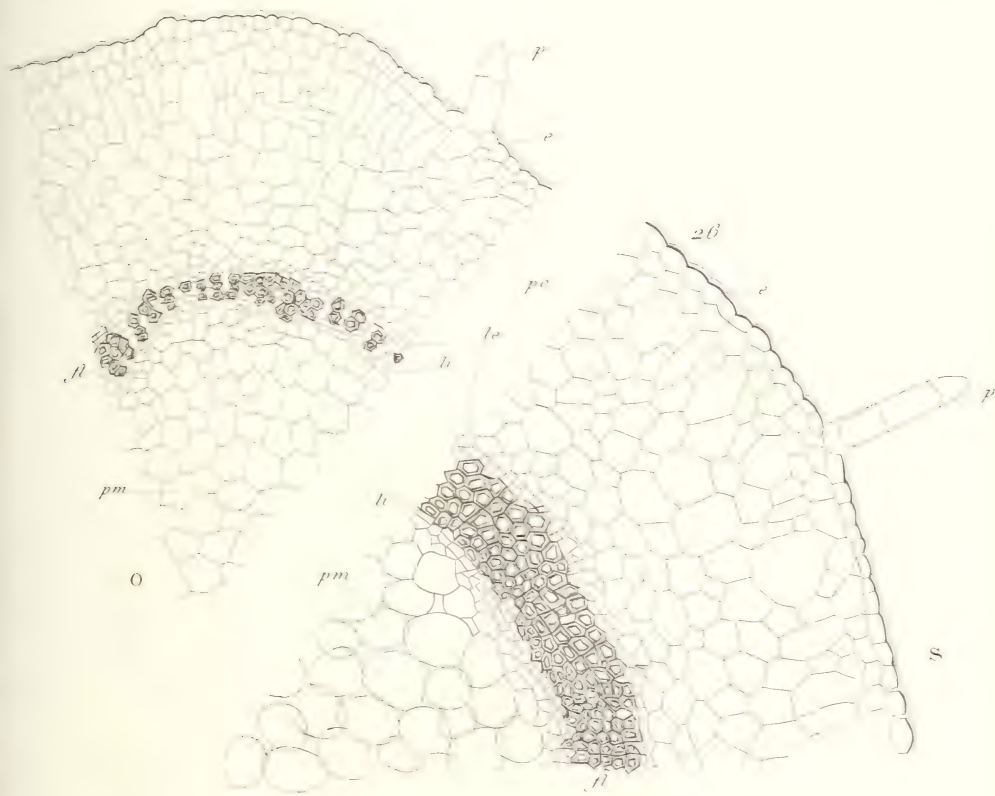
3

5

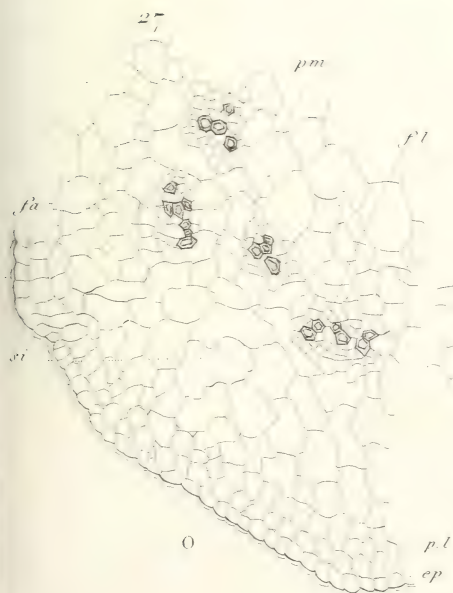




25

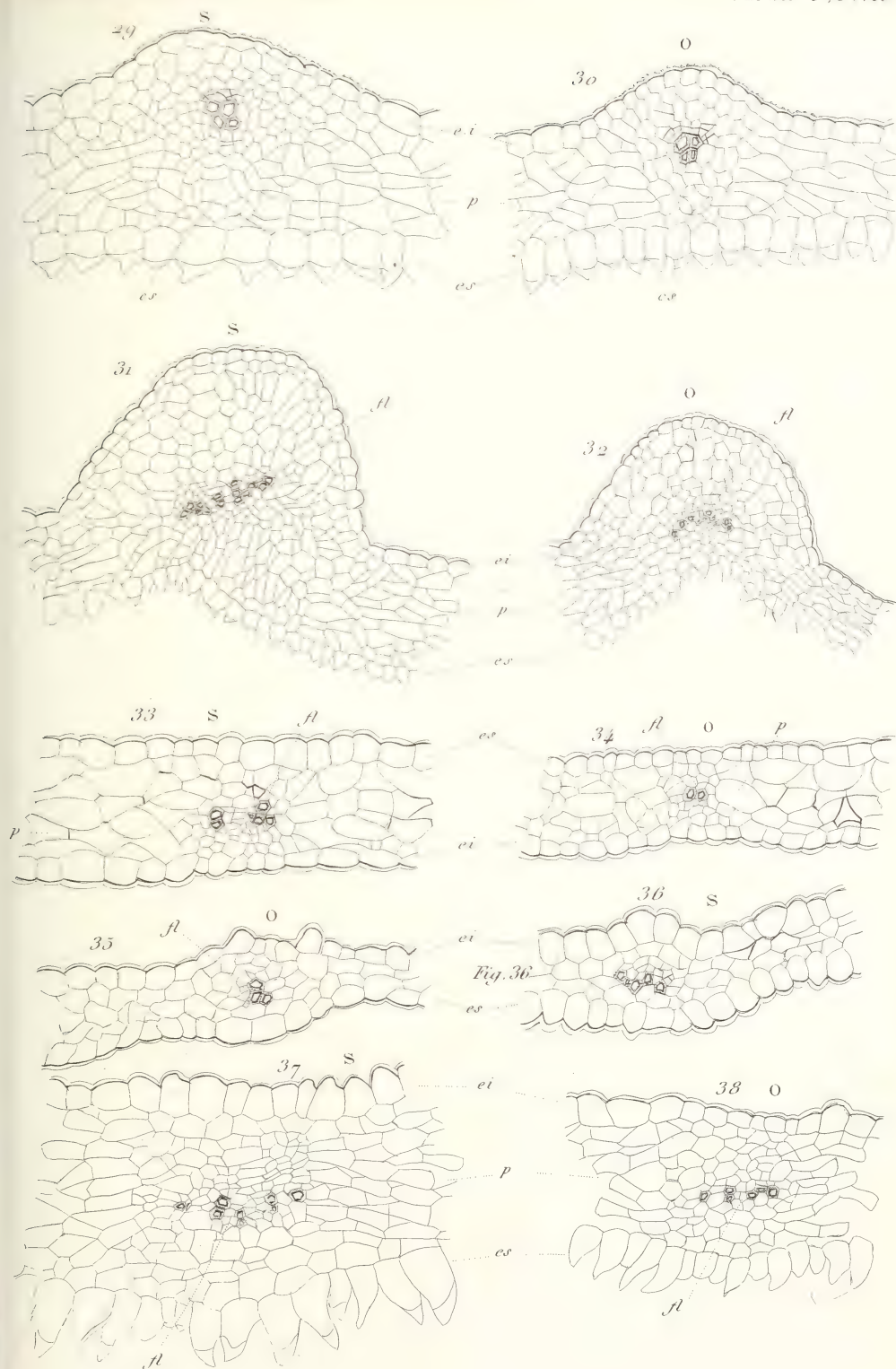


27



28





RECHERCHES

SUR LES

ORGANES DE REMPLACEMENT

CHEZ LES PLANTES

Par M. A. BOIRIVANT.

INTRODUCTION

Un fait très répandu dans le règne végétal est la destruction d'un organe important d'une plante et son remplacement plus ou moins complet par d'autres parties de cette plante. Ainsi, chez un grand nombre d'espèces le pivot disparaît peu de temps après la germination et ce sont des racines latérales ou des racines adventives qui jouent le rôle dévolu habituellement à ce pivot ; des causes extérieures multiples peuvent aussi faire périr des racines ou des tiges ; enfin certaines pratiques horticolas (pincement, taille des arbres, etc.) ont précisément pour principe la suppression de certaines parties du végétal et leur remplacement par d'autres.

Tous ces faits sont connus depuis longtemps, et ont été déjà l'objet de diverses études. Ainsi, on trouve de nombreuses descriptions de l'aspect des arbres dont le sommet de l'axe principal a été détruit.

En France, Duval-Jouve (1), M. André (2), ont parlé de remplacement de la tige principale, en particulier chez les Pins. M. J. Vallot (3) publie un travail sur le Sapin et ses déformations. Au point de vue anatomique, M. Ed. Griffon (4) a comparé la structure des rameaux de remplacement des jeunes pousses gelées au printemps aux rameaux normaux; il conclut de son travail : « Les gelées printanières ont pour conséquence de faire naître des rameaux de remplacement qui paraissent ne remplacer que très imparfaitement les pousses normales, et qui sont caractérisés par un plus faible développement et une moins grande différenciation des tissus. » En Allemagne, M. Giuseppe Lopriore (5) traite d'une question un peu différente, mais dont j'aurai l'occasion de parler dans le cours de ce travail. Il s'occupe, en insistant principalement sur les caractères anatomiques, de la végétation des racines fendues longitudinalement, étudiées au point de vue physiologique par Frank (6) et par Sachs (7).

Jusqu'ici, on s'est généralement borné à décrire les phénomènes extérieurs observés, sans s'occuper d'étudier le mécanisme du remplacement. Cependant, de nombreuses questions peuvent être posées à cet égard : Dans quelles limites les nouveaux organes suppléent-ils aux anciens? Comment se modifie la structure de ces nouveaux organes? A quel degré acquièrent-ils celle de l'organe qu'ils remplacent? Telles sont les diverses questions auxquelles je me suis proposé de répondre dans le présent travail.

(1) Duval Jouve, *Bull. Soc. bot. de France*, t. V, p. 511.

(2) Ed. André, *Revue horticole*, 1887, p. 10.

(3) J. Vallot, *Le Sapin et ses déformations*. (Librairie Jacques Lechevallier, Paris, 1887).

(4) Ed. Griffon, *De l'influence de la gelée printanière de 1897 sur la végétation de quelques essences forestières* (Rev. gén. de Bot., 1897).

(5) Giuseppe Lopriore, *Ueber die Regeneration gespaltener Wurzeln* (Nova Acta. Deutschen Akademie der Naturforcher, 1896).

(6) Frank, *Beiträge zur Pflanzenphysiologie*. Leipzig, 1868.

(7) Sachs, *Ueber das Wachsthum der Haupt-und Nebenwurzeln* (Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg. Band. I. Leipzig, 1874).

Le plus souvent, un organe est remplacé par un organe analogue ; une racine principale par une ou plusieurs radicules ou encore par des racines adventives ; une tige par quelques-unes de ses ramifications. Mais parfois c'est un organe d'une autre nature qui modifie sa structure et tend à jouer le rôle de l'organe détruit. C'est ce qui arrive, par exemple, quand des feuilles sont détruites ; le rameau qui les porte acquiert un parenchyme assimilateur plus développé, une plus grande quantité de chlorophylle que si les feuilles avaient subsisté.

Nous nous trouvons donc ainsi amené à diviser ce sujet en deux parties.

PREMIÈRE PARTIE. — Remplacement d'un organe détruit par un organe analogue.

SECONDE PARTIE. — Remplacement des feuilles par les tiges.

PREMIÈRE PARTIE

REMPLACEMENT D'UN ORGANE DÉTRUIT PAR UN ORGANE ANALOGUE

CHAPITRE PREMIER

RACINE

On observe souvent dans la nature la disparition totale ou partielle de la racine principale et son remplacement par d'autres racines. Il n'est pas rare, par exemple, de constater chez des plantes à racine pivotante tuberculeuse (*Daucus*, *Pastinaca*, *Brassica Napus*) que l'axe souterrain semble bifurqué ou trifurqué. Cela tient à ce que le pivot a été partiellement détruit et que une ou plusieurs radicules ont pris un développement anormal pour se substituer à la racine principale.

Pour me rendre compte de ce qui se passe dans la nature et surtout pour mieux obtenir les différentes phases de la substitution, j'ai dû recourir à l'expérimentation.

Pour mes expériences, les plantes doivent être placées dans un milieu aussi homogène que possible. Deux procédés sont employés, la culture en milieu liquide et la culture en terre tamisée.

La culture en milieu liquide est de beaucoup préférable; elle permet en particulier d'examiner fréquemment l'organe étudié. On fait d'abord germer les graines sur de la mousse humide, puis on dispose les plantules de façon que les racines plongent dans le liquide de culture. Ce liquide est contenu dans de grands vases fermés par des bouchons percés de trous; à chaque trou correspond une plante. Les éprou-

vettes sont entourées de papier noir pour empêcher le développement de diverses Algues dans le liquide. J'ai employé tantôt l'eau ordinaire, tantôt la liqueur de Knop (1).

La terre tamisée et le sable humide donnent de bons résultats, mais ne permettent pas l'examen quotidien des plantes. J'ai recours à ce procédé lorsqu'il s'agit d'étudier l'ensemble des modifications qui surviennent chez une plante blessée depuis longtemps.

Quel que soit le procédé employé, je compare toujours les individus blessés à des échantillons intacts de même espèce, de même âge et provenant de graines identiques.

Une question se pose; doit-on stériliser la plante et le milieu dans lequel elle se développe? J'ai cru pouvoir m'en dispenser dans la majorité des cas, parce que mes premiers essais m'ont appris que ce n'était pas nécessaire. J'ai rarement constaté des invasions microbiennes susceptibles de fausser les résultats des expériences.

Examinons d'abord les phénomènes de régénération dus à la section de la racine principale, ensuite ceux qui résultent de l'ablation de toutes les radicelles dès leur apparition à l'extérieur.

A. — SECTIONNEMENT DE LA RACINE PRINCIPALE. SON REMPLACEMENT PAR DES RADICELLES.

La régénération de la partie détruite, d'une racine, présente diverses petites variations suivant le niveau auquel est fait la section, suivant que cette section est oblique ou perpendiculaire à l'axe, suivant que la plante est jeune ou âgée.

(1) La solution recommandée par Knop est ainsi composée :

Nitrate de chaux.....	4 gr.
Phosphate de potasse.....	0gr,250
Nitrate de potasse.....	0gr,250
Sulfate de magnésie.....	0gr,250
Phosphate de peroxyde de fer.....	Traces.
Eau.....	1 litre.

Le méristème terminal, quoique protégé par la coiffe, se trouve assez souvent blessé à son extrémité. Lorsque la lésion est de petite étendue, l'organe continue à s'accroître en longueur et il se reforme complètement un méristème normal. La lésion partant de l'extrémité s'étend quelquefois sur un côté seulement de la racine et supprime alors une portion de méristème souvent plus considérable que dans le cas précédent. La partie qui subsiste alors peut continuer à diviser ses cellules, la racine continue à s'allonger, et quelques jours après, l'extrémité de la racine a repris une structure normale. Quant au mode de régénération que l'on observe dans ce dernier cas, il est à peu près le même que pour l'un des segments d'une racine fendue longitudinalement à partir de son extrémité, segment qui progressivement reprend la structure de la racine intacte. Je n'étudierai pas ce dernier phénomène, car la régénération des racines fendues a fait l'objet de travaux récents (1).

Si une section perpendiculaire à l'axe supprime tout le méristème terminal, la racine ne peut plus s'allonger, et c'est alors qu'elle est remplacée par des radicelles. C'est ce phénomène de remplacement que je vais étudier chez les plantes qui m'ont fourni les résultats les plus nets.

FÈVE (*Faba vulgaris*).

Morphologie externe.

1. — LA RACINE EST SECTIONNÉE DANS UNE RÉGION OÙ ELLE NE PRÉSENTE PAS ENCORE DE RAMIFICATIONS.

Prenons de jeunes Fèves après quelques jours de germination sur la mousse humide. La racine a une longueur de 3 à 4 centimètres, elle ne présente pas encore de ramifications. Sectionnons-la à 5 millimètres de l'extré-

(1) Giuseppe Lopriore, *loc. cit.*

mité. En culture aqueuse, on constate le plus souvent dès le lendemain un renflement de l'extrémité sectionnée; puis l'allongement cesse. Comme le montre l'étude anatomique, ce renflement est dû à la présence de jeunes radiculles encore intra-corticales.

Dans la suite, sur ces très jeunes plantes, les premières radiculles apparaissent quelquefois au niveau de la section, de sorte que pendant un certain temps la jeune racine possède des ramifications à son extrémité, alors qu'il n'en existe pas encore à sa base. Quelques jours après le sectionnement, des radiculles naissent de haut en bas sur toute la longueur de l'organe. Elles sont plus nombreuses que sur la région analogue des plantes témoins. Elles sont sorties en général un peu avant les radiculles qui sont situées au même niveau chez ces dernières; de plus, elles grandissent plus rapidement et sont plus vigoureuses.

Comparons la disposition des radiculles chez les plantes en expérience et chez les plantes normales.

Les racines de second ordre forment normalement avec la racine de premier ordre un angle à peu près constant; il en est ainsi vers la base du pivot dans les deux groupes de plantes; mais près de la surface de section, les radiculles descendent obliquement sous un angle de plus en plus aigu; les plus inférieures ont une direction absolument verticale. Ces dernières radiculles prennent quelquefois si tôt une direction verticale qu'elles sortent à l'extérieur par le plan de section (Pl. XVII, fig. 1 et fig. 2).

Fréquemment, dans le voisinage de la section, une ou plusieurs radiculles sont, dès leur apparition, plus volumineuses que les autres (Pl. XVII, fig. 1 et 2).

Considérons ces dernières ramifications; elles ont une direction verticale, sortent souvent par la tranche; elles se développent rapidement, s'accroissent en épaisseur, refoulent sur le côté les radiculles voisines et souvent provoquent le fendillement de la racine mère. Ces radiculles ont à peu près l'aspect de racines principales (Pl. XVII, fig. 3), elles

se ramifient abondamment. Quelquefois l'une d'entre elles prend la prédominance et bientôt le système pivotant ordinaire de la Fève semble reconstitué.

Vers la base de la racine, les radicelles d'une même série verticale sont à des distances assez grandes les unes des autres; mais, près la partie coupée, elles se rapprochent beaucoup, et souvent même arrivent à se souder entre elles. C'est pour cela que fréquemment, en cet endroit, il existe des concrescences de radicelles. Les Fèves témoins présentent, d'ailleurs elles aussi, assez souvent des concrescences radicellaires; mais le plus souvent on les remarque vers la base de la racine; ce sont souvent des racines adventives naissant sur l'axe hypocotylé qui se soudent ainsi. Les échantillons à racine sectionnée présentent les mêmes particularités à la base de leur pivot. Mais je ne parlerai ici que des concrescences résultant de la section, c'est-à-dire de celles concernant les radicelles voisines de la tranche.

La concrescence la plus habituelle est naturellement celle qui se produit entre radicelles d'une même rangée longitudinale, mais c'est aussi un cas très fréquent de voir s'unir entre elles des radicelles placées au même niveau et appartenant à des rangées différentes.

Quand des radicelles coalescentes sortent par la tranche, il en résulte alors un gros faisceau constitué quelquefois par quatre ou cinq radicelles et même davantage, dont la direction continue celle de la racine principale, mais dont les parties constitutives finissent par se séparer successivement les unes des autres (Pl. XVII, fig. 4).

Je viens de décrire les phénomènes observés chez une plante très jeune dont la racine ne mesure qu'environ 3 centimètres au moment où l'on fait la section. Quand on opère sur une racine plus âgée, en n'en supprimant toujours que la même longueur, le remplacement s'effectue de la même manière, mais les radicelles terminales apparaissent tardivement.

Si la racine mesure plus de 20 centimètres de longueur lors de la section, il y a une moins grande surproduction de

radicelles, mais cependant un remplacement assez parfait est encore susceptible de s'effectuer.

Comme nous l'avons vu plus haut, si la partie détruite de la racine principale a une longueur inférieure aux trois quarts d'un millimètre, les portions du méristème terminal et de la coiffe intéressées par la section sont reproduites par les tissus générateurs respectés, et le pivot continue à s'accroître en longueur.

Considérons maintenant une section oblique.

Quand une section de ce genre est faite en un point très voisin de l'extrémité, l'accroissement continue pendant quelque temps du côté intact et l'extrémité taillée en bec de flûte se recourbe du côté sectionné. La direction oblique de la section influe peu en général sur le développement des radicelles de remplacement. Ces dernières apparaissent indifféremment d'un côté ou de l'autre.

2. — LA SECTION EST FAITE A UN NIVEAU OÙ IL Y A DÉJÀ DES RAMIFICATIONS.

Quand la section est faite dans une région plus élevée, déjà pourvue de racines de second ordre, ce sont les radicelles préexistantes, voisines de la section, qui augmentent de diamètre, se ramifient plus que de coutume, dirigent verticalement leur portion terminale, en somme remplacent dans une certaine mesure la racine principale détruite. Quelquefois, on voit de nouvelles ramifications sortir par la tranche et venir compliquer encore le système radicellaire de remplacement. Parmi ces dernières, quelques-unes sont volumineuses et présentent les caractères des grosses radicelles dont j'ai parlé précédemment. On peut favoriser le remplacement de la racine par une radicelle en obligeant cette radicelle à croître verticalement; ce résultat s'obtient facilement : il suffit de réunir la ramification à l'axe principal à l'aide d'un lien quelconque. La radicelle dont la direction est ainsi modifiée augmente plus vite de diamètre, s'allonge

plus rapidement, se ramifie plus abondamment, c'est elle surtout qui prend les caractères de la racine mère.

RÉSUMÉ.

En somme, dans le phénomène de substitution des radicules à la racine principale, on peut, au point de vue de l'aspect extérieur, distinguer deux cas principaux :

1° Les radicules de remplacement naissent après le sectionnement. Elles sont souvent modifiées dès leur apparition et ressemblent immédiatement à une racine principale. C'est en général quand la section est faite dans la portion terminale de la racine principale où les ramifications n'existent pas encore que l'on observe de telles radicules.

2° Les radicules de remplacement existent déjà à l'état de radicules normales au moment du sectionnement. Ces radicules acquièrent *progressivement* les caractères du pivot. C'est principalement quand la section est pratiquée dans une région déjà pourvue de ramifications que l'on constate ce mode de remplacement, et ce sont fréquemment les radicules qui sont situées immédiatement au-dessus de la section qui se modifient ainsi.

Nous verrons que des différences anatomiques distinguent ces deux sortes de radicules de remplacement.

Dans l'un et l'autre cas, on observe un plus grand développement de tout le système radicellaire.

Morphologie interne.

Avant de décrire la structure de la radicule de remplacement, je parlerai rapidement de l'anatomie de la racine principale d'un pied témoin et de la structure d'une radicule normale.

La racine principale (Pl. XVIII, fig. 1), dans la région où les formations secondaires sont nulles ou très peu abondantes, montre une écorce dont l'épaisseur est à peu près

égale au diamètre du cylindre central. Les cellules du tissu cortical sont arrondies, par conséquent les méats sont nombreux; l'endoderme se distingue facilement. Il y a, en général, cinq ou six faisceaux ligneux et cinq ou six faisceaux libériens; quelquefois on peut en rencontrer jusqu'à sept, rarement quatre. La moelle est formée de cellules polyédriques à angles légèrement arrondis, laissant donc entre elles de petits méats triangulaires.

On sait que, lorsqu'une racine principale a atteint une certaine longueur, le méristème terminal fonctionne différemment et produit moins de faisceaux primaires. J'ai étudié le mécanisme par lequel s'effectue cette réduction. C'est d'abord un faisceau ligneux qui réduit progressivement le nombre des vaisseaux. Les cellules les plus rapprochées du péricycle, qui, jusqu'ici, se différenciaient en petits vaisseaux, restent à l'état de tissu conjonctif non différencié. Pendant que ce faisceau ligneux subit cette réduction, les deux faisceaux libériens placés respectivement à sa droite et à sa gauche se rapprochent l'un de l'autre. Ils arrivent peu à peu à se réunir et n'en forment plus qu'un seul qui se trouve donc opposé au faisceau ligneux, lequel est réduit alors à deux ou trois vaisseaux seulement. De ces derniers il ne subsiste bientôt plus qu'un seul vaisseau de calibre moyen, et celui-ci lui-même ne tarde pas à disparaître. Si la racine était au début construite sur le type six, elle présente maintenant le type cinq.

Dans la racine principale, les formations secondaires se produisent de bonne heure et sont abondantes.

L'écorce d'une radicule de Fève (Pl. XVIII, fig. 2) a une épaisseur un peu inférieure au double du cylindre central; par conséquent son épaisseur relative est plus grande que dans la racine principale; quant aux cellules elles-mêmes, elles présentent les mêmes caractères. La moelle est constituée par des cellules polyédriques; elle est beaucoup moins volumineuse que dans l'axe vertical et ses éléments sont plus

petits. Il y a généralement quatre faisceaux ligneux et quatre faisceaux libériens; mais ce nombre, quoique très fréquent, n'est pas absolument constant : il se réduit parfois à trois ou même à deux. Les vaisseaux de chaque faisceau ligneux sont plus petits que dans la racine principale.

Les formations secondaires dans les radicelles sont peu abondantes et tardives.

Au dos de chaque faisceau libérien, on voit un îlot de sclérenchyme dont les éléments sont moins différenciés et moins nombreux dans la racine de second ordre que dans la racine principale.

1. — RADICELLES DE REMPLACEMENT NÉES APRÈS LE SECTIONNEMENT.

Considérons une radicelle de remplacement d'une longueur d'environ 2 centimètres, née après le sectionnement. Cette radicelle, comme il a été dit, est beaucoup plus épaisse que les autres racines de second ordre. A cause de sa compression à l'intérieur de la racine mère, la radicelle est légèrement aplatie et son cylindre central se présente en coupe transversale sous la forme d'une ellipse peu allongée (Pl. XVIII, fig. 3). Ce sont surtout les faisceaux qui fournissent les caractères les plus intéressants. Supposons que la racine principale possède cinq faisceaux du bois et cinq faisceaux du liber. Le cylindre central de la radicelle de remplacement sera fréquemment construit aussi sur le type cinq. Les faisceaux ligneux sont généralement d'importance égale. Dans ce cas, le cylindre central ne diffère guère de celui de la racine principale que par la forme elliptique qui a été signalée. Mais souvent aussi il existe quatre grands faisceaux ligneux et un petit. Les quatre grands peuvent être considérés comme les homologues des quatre faisceaux qui existent dans la plupart des radicelles ordinaires et l'autre comme supplémentaire. Cependant, le nombre des faisceaux n'est pas toujours égal à celui de la racine mère et très fréquem-

ment les racines de remplacement présentent un nombre de faisceaux primaires supérieur à celui des radicelles normales, mais inférieur à celui de la racine principale; par exemple cinq faisceaux ligneux, alors que la racine principale en a six et les radicelles quatre. On peut aussi constater dans la racine de remplacement un nombre de faisceaux plus considérable que dans le pivot : ainsi des radicelles du type six naissent quelquefois sur des racines qui ne présentent que cinq faisceaux ligneux, et j'ai constaté, chez des Fèves dont la racine très allongée avait réduit à quatre le nombre de ses faisceaux du bois, des radicelles de remplacement construites sur le type cinq. Dans ce cas, il y avait une sorte de rajeunissement du pivot et la structure était de nouveau semblable à celle de la jeune racine. L'augmentation du nombre des faisceaux chez l'organe de remplacement ne constitue pas un phénomène absolument constant, et souvent, dans les radicelles modifiées, les faisceaux ligneux sont au nombre de quatre comme dans la ramification normale.

Les faisceaux de la racine de remplacement, quel que soit leur nombre, comparés à ceux des radicelles sont plus développés; les vaisseaux qui les constituent sont d'un calibre plus considérable; ce caractère rapproche la structure de cet organe de la structure de la racine mère. Des variations analogues se présentent dans le système libérien.

L'épaisseur de l'écorce est égale environ au plus grand diamètre du cylindre central; elle varie d'ailleurs légèrement avec les régions considérées; par exemple, du côté de l'axe de la racine mère, l'épaisseur de l'écorce est réduite; ceci tient à la compression du cylindre central de la racine principale sur les cellules corticales placées de son côté. L'endoderme existe avec ses caractères normaux. Par suite de la direction verticale de la radicelle, l'anastomose de ses différents faisceaux avec ceux de la racine principale se fait sur une beaucoup plus grande longueur que pour une radicelle ordinaire.

La radicelle de remplacement, qui possède en général

autant de faisceaux que la racine principale, va elle aussi réduire le nombre de ses faisceaux dans sa partie terminale. Cette réduction débute comme précédemment par la disparition progressive d'un faisceau ligneux et s'effectue de la même façon. Cependant, il faut noter ici un certain nombre de particularités. D'abord la région de passage qui, dans la racine principale, atteint environ une longueur d'un centimètre ou plus, est souvent très réduite dans la plupart des radicules de remplacement. Il est fréquent de constater qu'une telle radicule, qui à son origine est construite sur le type six, ne présente, à 3 centimètres au delà de sa base, déjà plus que quatre faisceaux de chaque sorte, c'est-à-dire le nombre que l'on rencontre chez les ramifications normales. D'une façon générale, la réduction du nombre de ses faisceaux se fait plus vite quand la plante se trouve dans des conditions défavorables pour sa végétation. Enfin, quand les faisceaux ligneux sont d'inégale importance, lorsque par exemple il y en a quatre grands et deux petits, la réduction débute presque toujours par l'un des petits.

Les déformations dont j'ai parlé et que les compressions infligent au cylindre central persistent pendant un certain temps, puis le cylindre central reprend sa forme ordinaire, et la radicule de remplacement présente à peu près la structure d'une racine principale. Toutefois, il arrive fréquemment que la radicule ne reprend sa symétrie axiale qu'après la disparition d'un de ses faisceaux.

Plus tard, le métaxylème se différencie de très bonne heure et la moelle est très rapidement lignifiée; l'assise génératrice fonctionne activement et grâce aux formations libéro-ligneuses; la radicule de remplacement, déjà plus volumineuse que les autres racines de second ordre, va acquérir un diamètre encore beaucoup plus considérable.

La moelle reste toujours plus volumineuse que dans une radicule normale, et le sclérenchyme accolé au liber primaire se développe beaucoup.

Au niveau du point de sortie de la radicule, la racine

mère subit des déformations par suite de compressions dues au grand volume de ses ramifications terminales. L'axe principal se déforme d'autant plus que les tissus secondaires sont plus abondants dans les organes de remplacement. Le faisceau ligneux en face duquel est née une grosse radicelle est refoulé vers la moelle; par suite, le cylindre central s'aplatit, se creuse en gouttière pour se mouler sur les contours de la radicelle de remplacement, l'écorce éclate en certains points.

J'ai dit que lorsqu'une racine principale a été coupée, les radicelles terminales nées près de la section sortent fréquemment par la tranche. Les choses se passent de la façon suivante.

A la suite de la blessure, certains tissus voisins de la lésion se désagrègent : ce sont les tissus correspondant à la partie centrale de la moelle et à la région moyenne de l'écorce, comme des coupes longitudinales le montrent aisément. Il se forme, du côté supérieur seulement, un tissu cicatriciel subérifié qui limite la désagrégation.

Le point d'origine des radicelles de remplacement, sans être toujours très proche de la section, n'en est généralement pas bien éloigné. Considérons une de ces radicelles au moment où elle est encore très jeune et suivons-la dans son développement. Cette radicelle munie de sa poche digestive devrait traverser toute l'épaisseur de l'écorce et sortir latéralement. Mais elle rencontre bientôt les tissus désagrégés qui se laissent facilement déprimer, puis les portions corticales externes beaucoup plus compactes; la radicelle s'incline naturellement du côté où elle rencontre le moins de résistance. Elle s'infléchit donc vers le bas, et devient verticale; elle chemine ainsi dans l'écorce parallèlement à l'axe de la racine mère, entre les couches périphériques de cette écorce d'un côté et le cylindre central de l'autre côté. La moelle étant en partie détruite, la portion restante du cylindre central de la racine principale se

laisse facilement refouler vers le centre, ce qui favorise l'accroissement en épaisseur de la radicelle. Le pourtour de l'écorce au niveau de la section est légèrement rejeté en dehors et la radicelle apparaît à l'extérieur.

La structure de telles radicelles est légèrement modifiée vers leur origine. Le raccord de leurs faisceaux avec les faisceaux de la racine principale se fait sur une plus grande étendue. L'écorce est moins épaisse du côté de l'axe de la racine mère que du côté opposé.

J'ai dit que la destruction de l'extrémité de la racine principale augmente la fréquence des conrescences radiculaires. Cette conrescence porte sur les radicelles terminales par suite de leur grande abondance dans le voisinage immédiat de la section. Généralement, on peut reconnaître à l'extérieur le nombre de radicelles qui constituent le faisceau dû à la conrescence. En effet, des sillons longitudinaux marquent la séparation entre les divers éléments de ce faisceau. Mais parfois la conrescence est plus intime, les sillons manquent et l'ensemble est presque cylindrique.

J'insisterai peu sur la structure de ces organes. La conrescence souvent ne s'étend qu'à l'écorce; dans ce cas, l'organe qui semble unique a plusieurs cylindres centraux. Dans d'autres cas, les cylindres centraux se rapprochent, se déforment, s'unissent; quelques-uns d'entre eux peuvent rester distincts. D'ailleurs, les cylindres centraux conrescents se divisent ordinairement de nouveau. L'écorce elle-même s'étrangle et les radicelles finissent souvent par devenir libres.

2. — RADICELLES DE REMPLACEMENT EXISTANT DÉJÀ A L'ÉTAT DE RADICELLES NORMALES AU MOMENT DU SECTIONNEMENT.

Les modifications de structure de ces radicelles sont, en général, moins accentuées que dans le cas précédent. Cependant, quelques jours après le sectionnement, une coupe faite dans la région où on ne rencontre que la structure

primaire (Pl. XVIII, fig. 4), montre un cylindre central relativement volumineux et ayant un diamètre presque égal à l'épaisseur de l'écorce. Les faisceaux primaires deviennent plus volumineux que dans une radicelle témoin; ils présentent des vaisseaux d'un calibre plus considérable.

Plus près de la base de la radicelle, les tissus secondaires se différencient rapidement, les cellules médullaires se colorent presque toutes par le vert d'iode.

En un mot, la structure de cette ramification se rapproche de celle de la racine principale, mais le nombre des faisceaux primaires n'a pas augmenté.

RÉSUMÉ.

Chez la Fève, les radicelles de remplacement présentent une structure qui les rapproche du pivot; le diamètre relatif du cylindre central est plus considérable; les faisceaux ont un plus grand nombre de vaisseaux et des éléments de plus fort calibre; la moelle est plus volumineuse, les formations secondaires sont plus précoces et plus abondantes que dans les radicelles normales.

Quand les radicelles de remplacement naissent après le sectionnement; elles présentent souvent un nombre de faisceaux plus considérable que les ramifications normales, et ce nombre est fréquemment égal à celui que l'on constate dans une racine principale témoin; au contraire, quand les radicelles de remplacement proviennent de racines latérales existant déjà avant le sectionnement, ces radicelles, qui se modifient alors progressivement, conservent le même nombre de faisceaux que les radicelles ordinaires.

LUPIN (*Lupinus albus*).

Morphologie externe.

Sur un grand nombre d'échantillons, j'ai supprimé des portions plus ou moins longues de la racine principale et le

mode de substitution est très comparable à ce que l'on observe chez la Fève. Les radicelles de remplacement sont en général au nombre de deux. Ces organes, situés à l'extrémité de la racine, se dirigent souvent verticalement dès leur origine et sortent par la tranche (Pl. XVII, fig. 5, 6 et 7). Quelquefois ils marchent d'abord un peu obliquement, puis s'incurvent pour devenir verticaux.

Ces deux radicelles sont souvent à peu près égales entre elles (Pl. XVII, fig. 5); dans d'autres cas, une des deux prend la prépondérance (Pl. XVII, fig. 6); enfin, il peut arriver que l'une des deux soit très réduite et qu'à l'autre seule soit dévolu le rôle de remplacer le pivot (Pl. XVII, fig. 7). Quand ces grosses racines sont au nombre de deux et également développées, l'axe de la plante semble bifurqué; lorsqu'au contraire une d'entre elles a un développement beaucoup plus grand que celui de sa voisine, elle prolonge la racine principale et le système pivotant typique du Lupin se trouve plus ou moins reconstitué.

Morphologie interne.

Racine latérale normale. — Une racine latérale normale présente en coupe transversale un cylindre central de forme elliptique construit sur le type deux; l'assise génératrice a peu ou pas fonctionné. Chacun des faisceaux ligneux se montre constitué dans la région où est faite la coupe par huit à dix vaisseaux; ils sont séparés par une moelle très petite, formée de grosses cellules polygonales montrant par des traces de vert d'iode qu'elles commencent à se lignifier.

Dans une région plus âgée, la partie axiale de la radicelle est complètement lignifiée et les deux triangles vasculaires se rejoignent au centre par leur base.

Racine principale témoin. — Dans la racine principale comparée à la radicelle, les faisceaux ligneux primaires sont séparés par une moelle de volume plus considérable. Ils sont plus gros et comprennent un nombre au moins

deux fois plus grand de vaisseaux, de beaucoup plus fort calibre. Le métaxylème qui, chez la radicule, n'est représenté que par quelques rares vaisseaux peu lignifiés, forme chez la racine principale une masse ligneuse de chaque côté des faisceaux. L'assise génératrice donne un cercle continu de formations secondaires. Les cellules corticales sont plus volumineuses que chez la ramification normale.

Racine de remplacement. — Dans la radicule de remplacement, le calibre des vaisseaux est presque aussi considérable que dans la racine principale. Les faisceaux primaires sont plus gros que dans les radicules ordinaires. L'assise génératrice donne plusieurs séries radiales de formations secondaires; mais ces formations secondaires sont moins précoces que dans la racine de premier ordre. Ainsi, en étudiant des régions de même âge, on observe des divisions des cellules de l'assise génératrice dans l'axe normal, alors qu'il n'existe que la structure primaire dans la ramification de remplacement. Plus haut dans cette dernière, il n'y a que deux arcs libéroligneux secondaires séparés l'un de l'autre par les faisceaux ligneux primaires, alors que dans le pivot témoin on observe déjà un anneau complet. Puis ces tissus prennent la même disposition dans les deux cas, mais restent toujours moins épais dans la radicule de remplacement.

ARACHIDE (*Arachis hypogæa*).

Morphologie externe.

Les racines principales de ces plantes ayant atteint une longueur de 2 à 3 centimètres sont coupées à 5 millimètres de leur extrémité.

Quelques jours après, sur les échantillons blessés, les radicules sont plus nombreuses que sur les pieds conservés comme témoins, et vers l'extrémité coupée on remarque un grand nombre de ramifications de remplacement; les unes sortent par la tranche et sont de suite verticales, les autres

sortent latéralement et s'incurvent pour devenir parallèles aux précédentes. Toutes ces radicelles se ramifient bientôt, constituant ainsi un système très développé.

Lorsque la section est faite sur un pied dont la racine est déjà ramifiée et dans la portion supérieure de cette racine, les radicelles déjà existantes s'hypertrophient et remplacent la partie manquante. Comme chez la Fève, on peut favoriser le remplacement en maintenant dans la verticalité, aussitôt après le sectionnement, une ou plusieurs des radicelles de la plante.

Morphologie interne.

Racine principale. — Dans la racine principale de cette petite plante, le cylindre central montre en général à la base de la racine quatre faisceaux ligneux primaires alternant avec autant de faisceaux libériens; plus près de l'extrémité, ce nombre se réduit à trois (Pl. XIX, fig. 1), d'après un procédé analogue à celui que j'ai étudié précédemment chez la Fève. L'écorce, relativement très épaisse, a la plupart de ses cellules arrondies.

Radicelle normale. — Une racine latérale est construite sur le type deux. Le cylindre central est quelquefois légèrement aplati de façon à présenter en coupe la forme d'une ellipse (Pl. XIX, fig. 2); la moelle est extrêmement réduite et souvent même les deux faisceaux ligneux se rejoignent au centre de l'organe. Cette radicelle diffère donc de la racine principale par le nombre de ses faisceaux; en outre, le calibre des vaisseaux est moins considérable et les formations secondaires sont beaucoup moins abondantes que dans le pivot.

Radicelle de remplacement. — Si on étudie la structure primaire d'une radicelle de remplacement à différents niveaux, on constate de grandes variations; car la constitution anatomique de ces organes ne se modifie que progressivement. Après le moment où a été faite la section, il s'écoule un certain temps pendant lequel le méristème terminal fonctionne

de manière à produire une structure en tout semblable à celle d'une racine latérale normale; puis, un peu plus tard, son fonctionnement se modifie et la structure primaire de l'organe change également.

Étudions d'abord une jeune radicelle de remplacement. Elle présente deux faisceaux ligneux triangulaires en coupe pénétrant presque jusqu'au centre de l'organe. C'est en somme la structure d'une radicelle normale (Pl. XIX, fig. 2).

Dans une radicelle plus âgée, considérons une coupe faite à la même distance du sommet que celle que je viens de décrire; ce qui permettra de comparer des tissus de même âge. Il existe trois faisceaux ligneux (Pl. XIX, fig. 4) qui alternent avec autant de faisceaux libériens; le calibre des éléments est un peu plus considérable que dans le cas précédent.

J'ai étudié le mécanisme par lequel s'effectue cette augmentation du nombre des faisceaux.

Par l'examen d'une série de coupes transversales faites de haut en bas dans une même radicelle de remplacement, j'ai pu constater les résultats suivants. C'est d'abord un faisceau du liber dont la partie moyenne, au lieu de se différencier en éléments libériens, donne naissance à des vaisseaux et à du parenchyme. Il en résulte une bifurcation du faisceau libérien; dans l'intervalle des deux branches de bifurcation naît un faisceau ligneux.

Dans cette région, la symétrie ordinaire de la racine se trouve très modifiée (Pl. XIX, fig. 3). A cause de son mode de naissance, le troisième faisceau apparaît en coupe, comme perpendiculaire aux deux autres. Les faisceaux du liber sont inégalement développés; il en existe un gros, celui qui est resté intact, et deux plus petits provenant de la bifurcation de l'autre.

Plus bas, les faisceaux ligneux s'éloignent les uns des autres et l'équilibre se rétablit progressivement dans le volume des faisceaux libériens; bientôt les pointes des différents faisceaux ligneux sont équidistantes; la racine a repris une

structure typique ; mais au lieu d'être binaire, elle renferme trois faisceaux de chaque sorte.

Les radicelles de remplacement peuvent être modifiées dans leur structure primaire dès leur apparition, comme cela arrive fréquemment chez la Fève ; c'est ce que l'on constate quelquefois lorsque la section est faite dans une région jeune non encore ramifiée. Mais, en général, la structure de ces organes se transforme progressivement et d'après le mécanisme que j'ai indiqué.

Les tissus secondaires se montrent abondants et se différencient vite. Le calibre des vaisseaux est plus considérable que dans une radicelle normale.

En somme, une radicelle de remplacement présente une

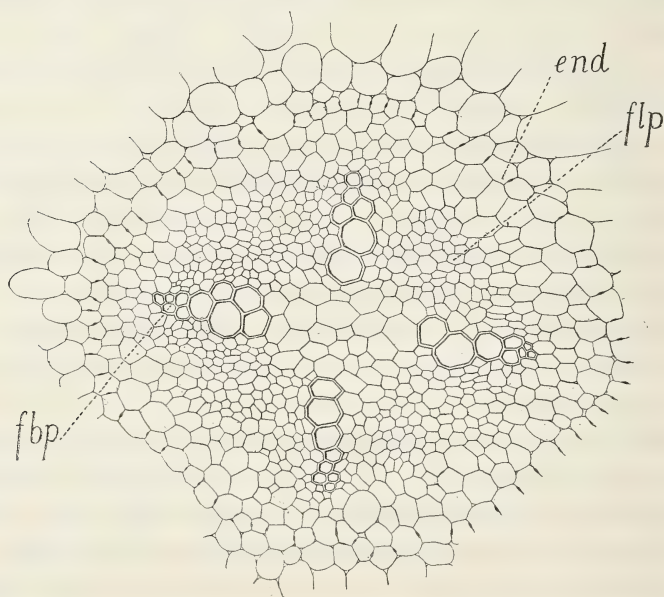


Fig. 1. — *Ricinus communis*. Racine principale (quatre faisceaux ligneux primaires, *fbp*, alternant avec autant de faisceaux libériens, *flp*. — *end*, endoderme. Gr = 180.

structure intermédiaire entre celle d'une racine latérale normale et celle de l'axe principal d'un pied témoin.

RICIN (*Ricinus communis*).

Morphologie externe.

Je supprime l'extrémité de jeunes racines non encore ramifiées.

Quinze jours après le sectionnement, à l'extrémité de la racine, on observe des radicelles plus nombreuses et plus longues que dans la région de même âge des plantes témoins. Les ramifications inférieures sont verticales dès leur origine et sortent par la tranche. Sur certains échantillons, ces dernières sont beaucoup plus grosses et plus longues que celles situées à un niveau supérieur : elles se ramifient bien avant celles-ci : en somme, elles se substituent à la racine principale et en prennent l'aspect. Par suite de la surproduction de radicelles, il n'est pas rare de constater la concrescence de deux d'entre elles ; mais ces concrescences sont moins fréquentes que chez la Fève.

Chez des plantes plus âgées, j'ai obtenu des remplacements par des radicelles déjà formées au moment où a été faite la section. En maintenant verticale une racine latérale, on favorise la substitution, c'est-à-dire que comme pour les tiges, la station verticale accélère le développement des ramifications.

Morphologie interne.

Dans la racine principale témoin (fig. 1), les faisceaux ligneux primaires sont en général au nombre de quatre. Vers la base de l'organe, les formations secondaires sont abondantes.

Les radicelles normales renferment deux, trois ou quatre faisceaux ligneux primaires ; ces faisceaux sont formés par un moins grand nombre d'éléments vasculaires que dans la racine principale. La figure 2 représente une ramification construite sur le type trois.

Dans les radicelles de remplacement, les faisceaux peuvent être, comme dans une ramification normale, au nombre

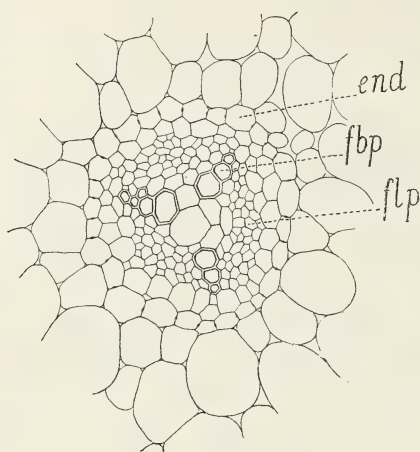


Fig. 2. — *Ricinus communis*. Radicelle normale. (Trois faisceaux ligneux. — Mêmes lettres que pour la figure précédente.) Gr = 180.

de trois ou quatre; ils possèdent plus de vaisseaux que les faisceaux de cette dernière; la lignification en est plus précoce. Fréquemment, les radicelles de remplacement renferment cinq faisceaux de chaque sorte (fig. 3). Ce nombre est même souvent plus élevé, et j'ai fréquemment rencontré chez ces organes de six à huit faisceaux ligneux alternant avec autant de faisceaux libériens. Vers leur base, ces

grosses radicelles ont un cylindre central elliptique en coupe; puis, progressivement, les contours de ce cylindre s'arrondissent, et à quelques centimètres de l'extrémité la racine a repris une structure typique. Le nombre des faisceaux se réduit assez rapidement dans ces organes et une radicelle de remplacement qui possède six ou sept faisceaux primaires de chaque sorte vers sa base peut n'en plus

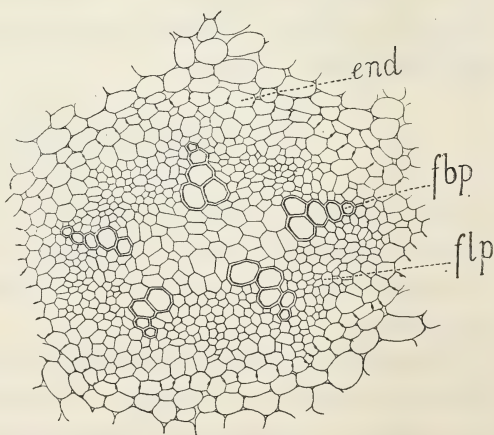


Fig. 3. — *Ricinus communis*. Radicelle de remplacement. (Cinq faisceaux ligneux. — Mêmes lettres que pour la figure 1.) Gr = 180.

présenter que cinq à quelques centimètres au delà. Les tissus secondaires se montrent assez épais dans la radicelle de remplacement, alors qu'ils sont très peu développés dans la plupart des radicelles normales des échantillons étudiés.

BOURRACHE (*Borrage officinalis*).

L'extrémité de la racine principale est sectionnée le 14 avril; les plantes sont récoltées le 1^{er} juin. Le développement s'effectue en serre dans la terre tamisée.

La racine des pieds témoins mesure 14 centimètres de longueur. Chez les autres, la partie subsistante du pivot mesure 6 centimètres et on observe une grosse radicelle terminale à direction absolument verticale qui prolonge l'axe principal et mesure 8 centimètres. L'ensemble a donc la même longueur que la racine mère de la plante témoin. Outre cette grosse radicelle, il existe, situées tout près de la section du pivot, d'autres ramifications à direction presque verticale et beaucoup plus longues que celles situées plus haut.

Au point de vue anatomique, l'importance des tissus secondaires est presque aussi grande dans la radicelle de remplacement que dans la racine principale : le calibre des vaisseaux est aussi à peu près identique et plus considérable que dans la radicelle témoin.

RADIS (*Raphanus sativus*).

Morphologie externe.

De jeunes Radis cultivés en terre tamisée sont repiqués lorsque leur racine principale mesure environ 1 centimètre et demi. Sur les uns, je sectionne seulement l'extrémité de la racine, sur d'autres je supprime toute la racine et la portion inférieure de l'axe hypocotylé; d'autres restent intacts et servent de témoins. Chez toutes les plantes, les parties aériennes ont le même aspect et ne pourraient faire soupçonner une mutilation.

Pour les échantillons dont la racine est sectionnée dans sa partie terminale seulement, quelques racines latérales rapidement renflées se substituent au pivot dans ses fonctions de réserve; chez ceux dont toute la racine est supprimée, ce sont des racines adventives, nées sur l'axe hypocotylé, qui, avec une partie de la tigelle, jouent le même rôle.

Morphologie interne.

Les radicelles de la plante intacte sont, en général, très étroites; elles mesurent un quart ou un tiers de millimètre de diamètre. A la structure primaire que l'on observe à l'extrémité de ces ramifications s'ajoutent bientôt des tissus secondaires qui occupent la plus grande place dans ces racines très grêles.

Les diamètres de la racine principale normale et des racines de remplacement sont beaucoup plus considérables; les formations secondaires libéroligneuses occupent presque toute la surface de section de ses organes; le bois prédomine de beaucoup; il est principalement parenchymateux. Les formations secondaires externes qui s'exfolient en dehors sont peu épaisses.

En somme, chez cette espèce, quand des ramifications se substituent à la racine principale, c'est surtout l'assise génératrice interne dont l'activité augmente dans les radicelles de remplacement, car c'est elle qui forme les tissus de réserve dont la plante a besoin et qui n'ont pas pu se former dans la racine principale.

Chez le Navet, les phénomènes de substitution sont à peu près les mêmes que chez le Radis.

CAROTTE (*Daucus Carota*).

Morphologie externe.

Cette espèce est cultivée dans un terrain sableux et sec. L'extrémité de la racine principale est coupée transversale-

ment chez une plante jeune et avant la tuberculisation du pivot. Quelques mois après, les plantes intactes conservées comme témoins ont une racine tuberculeuse très allongée (Pl. XVII, fig. 8) et dont l'extrémité est très effilée.

Les racines sur lesquelles on a expérimenté se sont renflées au-dessus du plan de section : deux ou trois radicules se sont beaucoup plus allongées que les radicules des plantes témoins : ces ramifications se sont, elles aussi, renflées ; de sorte que l'ensemble forme un gros tubercule bifurqué ou trifurqué dans sa partie terminale (Pl. XVII, fig. 9), tandis que les radicules homologues des plantes intactes sont restées filiformes. De la sorte, les racines des plantes sectionnées pénètrent aussi profondément dans le sol que dans le cas normal pour y chercher l'humidité nécessaire à leur développement et accumulent de la même façon des réserves nutritives. Des exemples de ce genre s'observent fréquemment dans la nature, un animal ayant détruit l'extrémité de la racine.

Morphologie interne.

Les formations secondaires sont très abondantes dans les radicules hypertrophiées. D'abord à la périphérie on trouve plusieurs assises de tissu subéreux, puis du phelloderme. Dans le cylindre central, le liber secondaire atteint surtout un grand développement : c'est surtout à lui qu'est due la tuberculisation de la racine. Le tissu ligneux est formé de gros vaisseaux réunis par un parenchyme conjonctif constitué par de petites cellules. Cette racine renferme des canaux sécréteurs : les uns dans le cylindre central, les autres disposés suivant une circonférence dans la portion externe de l'organe.

La racine principale témoin présente à peu près la même constitution anatomique ; cependant son diamètre est un peu plus grand, l'épaisseur des formations secondaires libériennes est plus considérable.

Au contraire, dans une racine latérale de même âge que la radicelle de remplacement, ou même un peu plus âgée, on ne rencontre de formations secondaires ni dans l'écorce ni dans le cylindre central; on ne trouve pas de canaux sécréteurs : il existe deux petits faisceaux ligneux primaires et deux faisceaux libériens. Cette structure simple s'observe aussi bien vers l'extrémité que vers la base des radicelles.

Une radicelle de remplacement se rapproche donc, dans ce cas comme dans les précédents que nous avons étudiés, plus de la racine principale que de la radicelle normale.

Chez le Panais, les choses se passent de la même façon.

ASPERGE (*Asparagus officinalis*).

Morphologie externe.

Des graines de cette espèce sont mises à germer vers la fin de mars; le 8 avril, la racine a une longueur d'environ 4 centimètres. Je supprime l'extrémité de la racine chez un certain nombre d'échantillons, et ces plantes, ainsi que plusieurs autres restées intactes pour servir de témoins, sont cultivées en serre dans de la terre tamisée. Les échantillons sont recueillis le 1^{er} juin; les parties aériennes sont toutes également développées.

Sur les échantillons témoins, la racine mesure près de 12 centimètres; elle possède des ramifications dont les plus longues ne dépassent pas 3 centimètres. Sur ces plantes, on peut constater la présence d'une racine adventive mesurant 4 centimètres seulement et non ramifiée.

Chez les échantillons à pivot sectionné, la racine principale a donné naissance à de grandes radicelles; les terminales, les plus longues, mesurent de 6 à 7 centimètres et sont un peu plus grosses que les ramifications homologues de la plante témoin. Il existe comme précédemment une racine adventive; mais ici cette racine mesure de 10 à 12 centimètres et elle est abondamment ramifiée.

On voit donc, par cet exemple, à quel point la disparition du pivot a provoqué le développement considérable du système radicellaire.

Morphologie interne.

La racine principale possède plus de faisceaux que ses ramifications, cinq faisceaux ligneux au lieu de trois, et des vaisseaux un peu plus gros.

Dans les longues radicelles des plantes à pivot sectionné comme dans les racines latérales des plantes intactes, les faisceaux du bois sont au nombre de trois; mais dans le premier cas, ils sont plus volumineux parce qu'ils sont formés d'un plus grand nombre d'éléments vasculaires et que le calibre des vaisseaux est un peu plus considérable.

Comparons maintenant la structure des racines adventives respectives des deux groupes de plantes. Chez l'individu dont la racine principale a été sectionnée, le diamètre de la racine adventive est un peu plus considérable. On trouve dans les deux cas neuf faisceaux ligneux; leurs vaisseaux constitutifs sont plus nombreux et mieux lignifiés, leurs parois sont plus épaisses dans la plus longue racine adventive.

RÉSUMÉ.

Lorsque pour une raison ou pour une autre, le pivot d'une plante se trouve détruit, le système radicellaire se développe plus qu'il ne l'aurait fait si la plante était restée intacte, et en particulier une ou plusieurs radicelles prennent une prépondérance marquée et remplacent la racine mère. Elles acquièrent une longueur et un diamètre plus considérable, se ramifient beaucoup et même, dans le cas où la racine principale est tuberculeuse, elles se tuberculisent elles-mêmes (Radis, Carotte). Quant à la structure interne de ces radicelles, elle se rapproche plus de celle d'une racine principale que de celle d'une radicelle ordinaire.

Ainsi, le nombre des faisceaux primaires est souvent plus considérable que dans une radicelle témoin ; soit que l'organe de remplacement présente dès son apparition cette modification dans le nombre de ses faisceaux, comme on le rencontre fréquemment dans les genres *Faba*, *Ricinus*, etc. ; soit que la radicelle augmente progressivement le nombre de ses faisceaux, comme je l'ai signalé dans le genre *Arachis*. Cette première différence rapproche déjà la structure de la radicelle de remplacement de celle d'une racine principale normale ; car le nombre des faisceaux primaires est fréquemment plus élevé dans l'axe principal que dans les ramifications auxquelles il donne naissance (*Faba*, *Arachis*, etc.). Dans une radicelle de remplacement, les faisceaux sont formés de vaisseaux plus nombreux et de plus fort calibre que dans une radicelle ordinaire ; le cylindre central est en général relativement plus volumineux et les formations secondaires y sont presque aussi abondantes et aussi précoces que dans une racine de premier ordre.

B. — SECTIONNEMENT DES RADICELLES. — GRAND DÉVELOPPEMENT DE LA RACINE PRINCIPALE.

FÈVE (*Faba vulgaris*).

L'expérience consiste à couper toutes les radicelles le plus tôt possible, dès qu'elles apparaissent à l'extérieur. La Fève continue à se développer, sa racine s'allonge beaucoup. De nouvelles radicelles se produisent sur les parties jeunes de la racine principale, et même dans la région supérieure de cette racine. Parmi les radicelles nées de cette dernière région, les unes proviennent directement de la racine principale ; les autres sont des ramifications issues de la partie restante intra-corticale des radicelles sectionnées. Je les supprime toutes comme précédemment. A la fin de l'expérience, la racine des plantes mutilées est un peu

plus grosse que celle des plantes intactes ; elle est surtout beaucoup plus longue.

La formation et la différenciation des tissus s'effectuent beaucoup plus rapidement dans la racine privée de ces ramifications que chez la racine témoin. Ainsi, en comparant des régions de même âge de ces deux organes, on constate que les tissus secondaires sont plus épais dans l'axe dépourvu de radicelles que dans l'échantillon normal ; la moelle, le métaxylème, les bois primaire et secondaire y sont plus lignifiés. L'ilot de sclérenchyme qui est accolé au dos du liber est plus large et plus différencié.

LUPIN (*Lupinus albus*).

Chez un jeune Lupin en culture aqueuse : je supprime pendant quinze jours les ramifications au fur et à mesure qu'elles apparaissent. Comme chez la Fève, la racine privée de radicelles s'allonge plus rapidement qu'une racine intacte et on remarque que le nombre des radicelles qui naissent pendant le cours de l'expérience est bien plus considérable chez l'échantillon mutilé que chez l'axe témoin. La plante reforme en grand nombre dans ses parties jeunes des organes analogues à ceux qu'on lui supprime.

Quant aux modifications anatomiques, elles se font dans le même sens que celles que j'ai signalées chez la Fève.

RICIN (*Ricinus communis*).

La racine principale dont on supprime les radicelles s'allonge un peu plus vite que la racine intacte ; elle présente un diamètre en général un peu plus grand que celui de cette dernière. Comparons la structure des deux racines en des points de même âge.

Chez l'échantillon témoin, au niveau où est pratiquée la coupe (fig. 5), la moelle ne présente pas encore d'éléments lignifiés, l'assise génératrice a très peu fonctionné.

Au contraire, dans la racine dont on a supprimé les ramifications, la coupe comparable (fig. 4) montre une moelle dont les cellules sont presque toutes lignifiées, des vais-

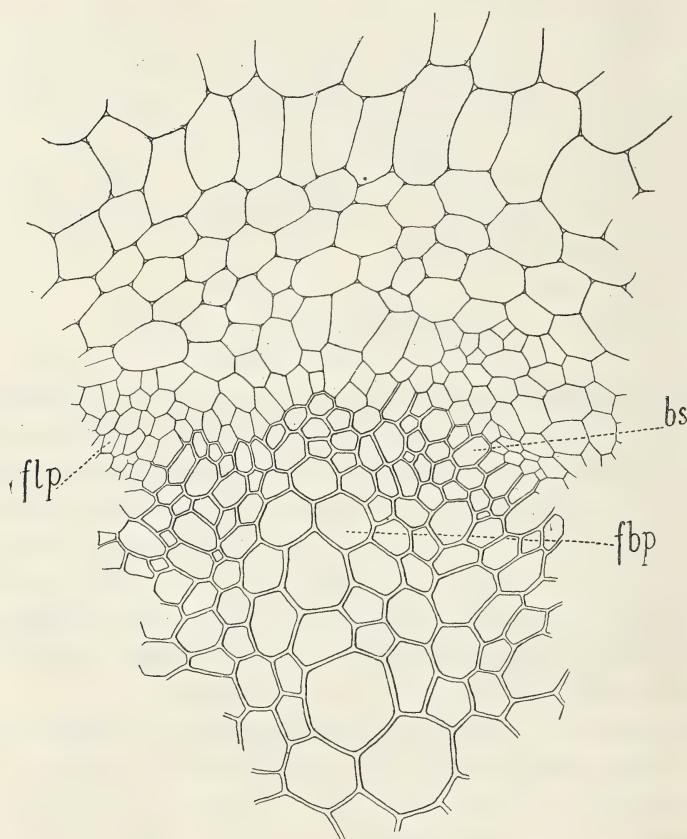


Fig. 4. — *Ricinus communis*. Racine principale dont on a supprimé les radicules dès leur apparition à l'extérieur. — *fbp*, faisceau ligneux primaire; *flp*, faisceau libérien primaire; *bs*, bois secondaire. Gr = 350.

seaux à parois plus épaisses que dans le cas précédent et quelques assises de tissus secondaires.

En somme, chez le Ricin comme chez la Fève, la différenciation des tissus est plus précoce dans la racine qui a été privée de ses ramifications que dans la racine intacte de la plante témoin.

ORGE (*Hordeum vulgare*).

Sur de jeunes plantules germées depuis peu de jours sur la mousse humide, je coupe toutes les racines adventives, sauf une, et je place les plantes dans une solution aqueuse. Les

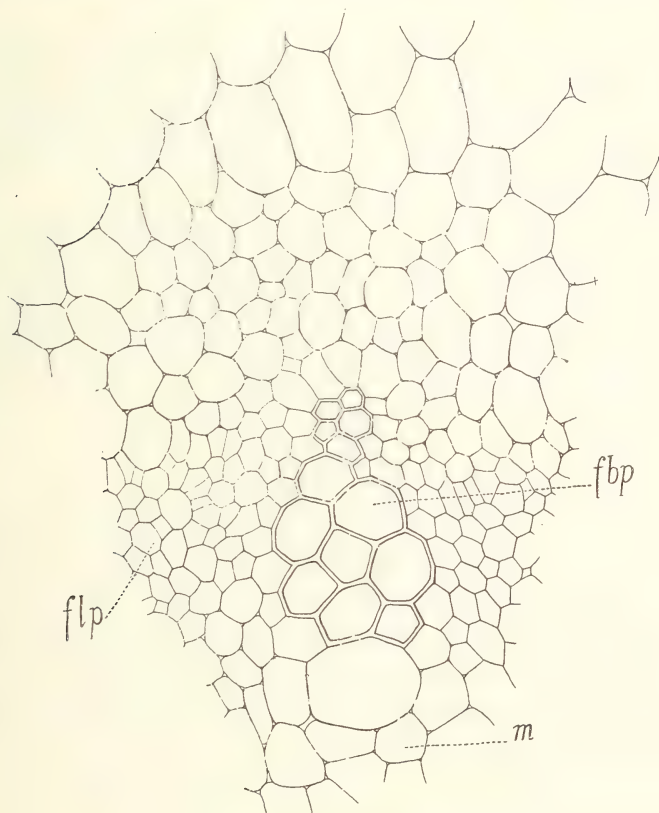


Fig. 5. — *Ricinus communis*. Racine principale témoin. (Mêmes lettres que pour la figure précédente.) Gr = 350.

différents échantillons continuent à se développer; je détruis à mesure qu'elles se produisent les nouvelles racines adventives. Deux semaines après le début de l'expérience, les parties aériennes de ces plantes sont presque aussi développées que celles des échantillons témoins; la racine unique est quatre ou cinq fois plus allongée que les racines des pieds

intacts. De plus, au moment où chez ces derniers les racines ne présentent pas encore de ramifications; la longue racine produit de nombreuses racines latérales qui sont supprimées peu après leur apparition. Le diamètre de la racine unique est un peu plus fort que celui des racines d'un pied témoin.

Dans une racine d'Orge, les faisceaux sont au nombre de sept ou huit de chaque sorte; le péricycle est interrompu au niveau des faisceaux ligneux, caractère des graminées. Au centre de la coupe, c'est-à-dire correspondant à l'axe de la racine, il existe un gros vaisseau.

Dans la racine unique, le calibre du vaisseau central est un peu plus grand que dans la racine normale. Les parois des vaisseaux et des autres éléments lignifiés sont bien plus épaisses. Ces différences sont plus accusées vers la base des racines que vers leur extrémité.

MAIS (*Zea Mays*).

Chez le Maïs, les choses se passent à peu près de la même façon. A la suite de la suppression des racines adventives et des ramifications de la racine principale, cette dernière s'allonge beaucoup et devient bientôt trois ou quatre fois plus longue que celle du pied témoin (Pl. XVII, fig. 10 et 11).

Les différences anatomiques sont très comparables à celles que j'ai décrites chez l'Orge.

SOLEIL (*Helianthus annuus*).

Cette plante a germé sur la mousse humide et s'est développée ensuite dans l'eau. Les radicules sont coupées dès leur apparition, pendant trois semaines; la racine devient un peu plus longue que celle des échantillons intacts conservés comme témoins.

Le cylindre central de cette plante est construit sur le type deux. Vers la base de la racine, les faisceaux ligneux

se rejoignent au centre de la coupe dans les deux cas ; mais, chez la plante dont on a supprimé les radicelles, le métaxylème est plus développé et les éléments lignifiés sont plus nombreux.

RÉSUMÉ.

Le pivot, dont on supprime à mesure qu'elles apparaissent toutes les ramifications, s'allonge bien plus que le pivot d'une plante intacte. La racine principale cherche à reproduire les organes qu'on lui supprime et le nombre des radicelles qui naissent pendant le cours de l'expérience est plus considérable que chez l'échantillon témoin. Au point de vue anatomique, l'assise génératrice fonctionne plus activement, la lignification est beaucoup plus accusée dans la racine dont on supprime les ramifications que dans la racine normale.

CHAPITRE II

TIGE

Les exemples de substitution d'une branche à la tige principale sont fréquents dans la nature ; les causes en sont nombreuses. Martins (1) en indique plusieurs : le vent, les coqs de bruyère et surtout la piqure des insectes qui attaquent souvent le bourgeon terminal et provoquent sa destruction. Le froid a aussi une importance.

Toutes ces causes ont pour effet de détruire l'extrémité de l'organe à une plus ou moins grande distance de son sommet.

Comme pour la racine, c'est surtout à l'expérimentation que j'ai eu recours. J'ai pu ainsi suivre de près les différentes phases du remplacement et me rendre compte de l'âge exact des régions dont j'ai fait l'étude anatomique.

(1) Bravais et Martins, *Recherches sur la croissance du Pin sylvestre du nord de l'Europe*, p. 32.

Les plantes comparées sont cultivées dans le même terrain, éclairées de la même façon ; en somme, les échantillons étudiés se développent dans des conditions identiques. Alors, choisissant des plantes de même âge, d'une même espèce, sur les unes je coupe l'extrémité de la tige principale à différentes distances de l'extrémité (transversalement et obliquement). Les remplacements obtenus, je compare un rameau de remplacement d'abord à un rameau normal né au même niveau sur un échantillon intact, puis à une tige principale d'un des pieds témoins. L'étude anatomique doit être faite en des régions absolument de même âge, et comme l'accroissement en longueur n'est pas identique pour tous ces organes, il est nécessaire, comme je l'ai fait précédemment pour la racine, d'établir des repères qui permettront d'indiquer les points précis où les coupes doivent être faites.

J'ai étudié un grand nombre d'espèces en ayant soin de prendre toutes ces précautions. Celles qui m'ont fourni les résultats les plus frappants sont les suivantes :

PIN SILVESTRE (*Pinus silvestris*).

Morphologie externe.

Cet arbre présente une tige principale dressée absolument verticale (flèche) ; les ramifications sont de deux sortes : les unes, longues, groupées de distance en distance sur la tige principale, ne présentent que des feuilles réduites à l'état d'écaillés ; les autres, courtes, presque avortées, portent les feuilles en aiguilles.

Les principales différences qui existent entre la flèche et ses longs rameaux sont les suivantes : la flèche a un diamètre plus considérable, son bourgeon terminal est plus volumineux, sa croissance en longueur est plus rapide et ses entrenœuds plus allongés, de sorte que les groupes de feuilles en aiguilles qu'elle porte indirectement sont plus espacés ; les feuilles ont, en outre, une taille plus grande sur la tige principale que sur ses ramifications.

La tige principale se termine par un bourgeon à la base duquel existe un verticille d'autres bourgeons qui, normalement, se développent en produisant de longues ramifications latérales.

Si l'on coupe simplement le bourgeon terminal, certaines des branches issues des bourgeons du verticille prennent la prédominance sur les autres, se dressent verticalement et jouent le rôle de flèche. Si, au contraire, on coupe la tige à quelques centimètres au-dessous de la couronne de bourgeons, deux cas principaux peuvent se présenter. Dans le premier cas, ce sont les rameaux courts, situés près de la section, qui, au lieu d'avorter, s'allongent, se recourbent de façon à croître verticalement, et certains d'entre eux se comportent comme de véritables flèches. Dans le second cas, ce sont les grands rameaux situés plus bas qui se redressent et se substituent à la tige principale. Ajoutons que ces deux cas ne sont pas nettement tranchés, que souvent des flèches de remplacement proviennent à la fois, les unes des courts rameaux, les autres des grands.

Lorsque les rameaux courts continuent à s'allonger, on voit apparaître, entre les feuilles en aiguilles, un petit bourgeon semblable au bourgeon qui termine les longues ramifications latérales, mais d'abord beaucoup plus petit; ce bourgeon écarte les feuilles en aiguilles et se recourbe vers le haut; il se développe, la ramification s'allonge verticalement, s'épaissit, et le bourgeon terminal devient de plus en plus volumineux.

Les flèches de remplacement, issues de telles ramifications, se reconnaissent des autres par la présence des feuilles en aiguilles que l'on retrouve souvent à la base, écartées l'une de l'autre.

Ces rameaux ont donc continué à s'allonger, alors que normalement ils avortent après la production des feuilles vertes; ils ne produisaient que des feuilles assimilatrices et ne se ramifiaient pas; ils donnent maintenant naissance à des feuilles écailleuses et à des branches de deux sortes.

Chez un Pin, lorsque beaucoup de petits rameaux se différencient de cette façon, un certain nombre d'entre eux se développent mal, s'allongent peu et, quoique verticaux, ne remplacent que très imparfaitement la flèche.

La section des flèches, chez les différents individus étudiés, avait été pratiquée depuis un peu plus d'un an lorsque les comparaisons ont été faites, et les divers échantillons ont été recueillis en automne.

Dans le Pin maritime, les choses se passent de la même façon. Notons cependant qu'un caractère particulier se trouve plus accentué que dans le Pin sylvestre. Chez ce dernier, le rameau qui remplace la flèche porte des écailles à l'aisselle desquelles sont des bourgeons de rameaux courts à deux feuilles; seulement ces écailles sont un peu plus allongées que dans une branche normale. Chez le Pin maritime, les écailles se transforment progressivement, le long du rameau de remplacement, en feuilles assimilatrices.

Morphologie interne.

Je décrirai successivement la structure d'une flèche intacte, celle d'une grande branche latérale et celle d'un des petits rameaux courts qui portent les feuilles assimilatrices. Puis je parlerai des différentes flèches de remplacement en les comparant aux organes dont elles dérivent (longue branche latérale ou rameau court).

Flèche normale (fig. 6). — Vers l'extrémité de l'organe, dans la portion moyenne du bourgeon terminal, l'écorce est formée de cellules à angles arrondis; elle renferme de nombreux canaux sécréteurs; l'épiderme a ses cellules isodiamétriques. A ce niveau, on ne constate pas encore de formations secondaires corticales. Le bois et le liber forment un anneau continu et, dans cette région terminale, l'assise génératrice intra-libérienne a déjà fonctionné et a formé plusieurs assises concentriques d'éléments. La moelle est très volumineuse.

Dans une coupe faite à 1 centimètre au-dessous du bourgeon, l'assise génératrice corticale a fonctionné et a fourni plusieurs assises de liège, les cellules corticales sont plus volumineuses que précédemment. Les formations secondaires libéroligneuses sont déjà très abondantes et contribuent, pour une large part, à l'augmentation du diamètre de la tige; la moelle est relativement plus petite; elle est formée d'éléments arrondis, laissant entre eux des méats intercellulaires; ces éléments sont beaucoup plus petits vers les bords que vers l'axe du cylindre médullaire.

Plus on s'éloigne du sommet, plus les formations secondaires sont abondantes; le diamètre relatif de la moelle diminue progressivement.

Grande branche latérale (fig. 7). — Dans la portion moyenne du bourgeon terminal, l'épaisseur absolue de l'écorce est à peu près la même que dans la région homologue de la flèche; mais, comme le diamètre total de la tige latérale est bien plus faible, il en résulte que l'épaisseur corticale relative est plus grande dans la ramification. Le cylindre central est donc relativement moins volumineux; la diminution de l'épaisseur porte un peu sur l'anneau libéroligneux; mais c'est surtout la moelle qui est beaucoup moins épaisse dans la ramification que dans la flèche.

Plus bas, l'épaisseur absolue de l'écorce est à peu près la même que dans la région comparable de la tige principale; le périderme est à peu près aussi développé. Les formations secondaires libéroligneuses sont beaucoup moins épaisses, ce qui accentue la petitesse relative du cylindre central. La plus faible épaisseur de ces tissus est due à la fois au plus petit calibre des divers éléments libériens et ligneux (fig. 7) et au plus petit nombre des séries concentriques d'éléments formés par l'assise génératrice. Les canaux sécréteurs renfermés dans le bois sont beaucoup moins nombreux.

Plus les régions comparées sont éloignées de l'extrémité et plus les différences d'épaisseur des formations libéro-

ligneuses s'accroissent entre la tige latérale et la flèche, car l'assise génératrice continue à fonctionner beaucoup plus activement dans la flèche.

Petit rameau court. — Dans le petit rameau court normal, les tissus libériens et ligneux passent en totalité dans les feuilles où ils vont constituer les deux groupes vasculaires que l'on rencontre dans la nervure de ces derniers organes. Immédiatement au-dessus de l'insertion des feuilles en aiguilles, le rameau avorte et on peut voir au niveau de l'aisselle de ces feuilles un îlot de parenchyme, non différencié, séparant les deux aiguilles. Ce tissu représente le méristème terminal d'un bourgeon. Dans le cas de remplacement, les cellules de ce méristème continuent à se diviser et donnent naissance à la branche de remplacement dont j'ai parlé.

Flèche de remplacement. — 1. *La flèche de remplacement provient d'un bourgeon qui normalement aurait donné naissance à une grande ramification latérale* (fig. 8). — Dans la portion moyenne du bourgeon terminal, l'épaisseur relative de l'écorce est un peu plus faible dans la flèche de remplacement que dans la tige latérale normale; elle est cependant en général un peu plus grande que dans une flèche témoin. Son épaisseur absolue est à peu près la même que dans les organes précédents et les différences que je signale dans son épaisseur relative sont surtout dues au volume de la moelle.

On peut constater un peu plus bas que l'assise génératrice libéroligneuse fonctionne beaucoup plus activement que dans le rameau normal; les tissus ligneux et libériens sont bien plus abondants et l'épaisseur des formations libériennes et ligneuses est presque égale à celle des mêmes tissus dans la flèche; les canaux sécréteurs renfermés dans le bois sont presque aussi nombreux; le calibre des vaisseaux et des éléments libériens est plus considérable que dans le rameau non modifié. Ces différences portent aussi bien sur les éléments les plus âgés, c'est-à-dire les plus éloignés de l'assise

génératrice, que sur les éléments jeunes plus rapprochés de cette assise. La moelle est formée de cellules respectivement plus grandes que celles d'une tige latérale.

En somme, quand une longue ramification se transforme en flèche, elle modifie progressivement sa structure et tend à acquérir peu à peu les caractères externes et internes qui sont propres à la tige principale et, finalement, elle arrive à ressembler plus à une flèche qu'à une branche latérale.

2. *La flèche de remplacement provient d'un petit rameau court.* — Une coupe faite dans un bourgeon appartenant à un rameau qui ne s'est encore que peu développé et qui présente un diamètre inférieur à celui d'une grande ramification latérale, montre un tissu cortical relativement épais et contenant peu de canaux sécréteurs, car le diamètre de l'organe est petit. La moelle assez réduite est fréquemment comprimée; elle prend alors une forme polygonale, ainsi que les formations libéroligneuses qui l'entourent. Au point de vue du calibre des éléments et de l'épaisseur relative des différentes formations, cette ramification ressemble quelque peu aux grandes branches latérales.

Les rameaux plus développés sont arrondis et leur bourgeon terminal a une structure à peu près semblable à celle du bourgeon d'une branche de remplacement dont il a été question précédemment. Les régions plus âgées, elles aussi, sont assez semblables aux régions comparables de cette dernière.

SAPIN (*Abies balsamea*).

Morphologie externe.

La rupture de la flèche chez les Sapins est assez fréquente dans la nature. Il en résulte des déformations qui donnent à certains arbres un aspect bizarre; les troncs portent plusieurs tiges verticales situées à différentes hauteurs sur l'axe principal; le dernier verticille fréquemment se redresse,

et forme une sorte de corbeille au sommet de l'arbre. M. J. Vallot (1) signale un grand nombre d'exemples de remplacements de cette nature dans les bois de Sapins des environs de Cauterets.

Ayant coupé l'extrémité d'une flèche chez un jeune Sapin (*Abies balsamea*) vers la fin de l'été, j'ai recueilli un an après les différents rameaux de remplacement que j'ai comparés aux branches homologues et à la flèche d'un arbre témoin de même âge.

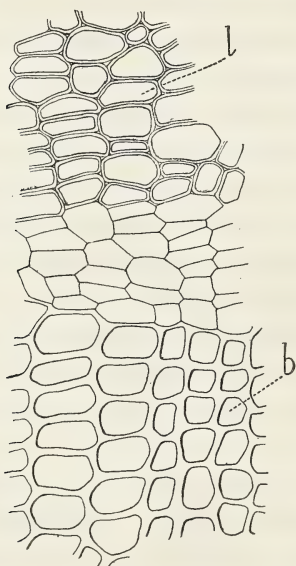


Fig. 6.

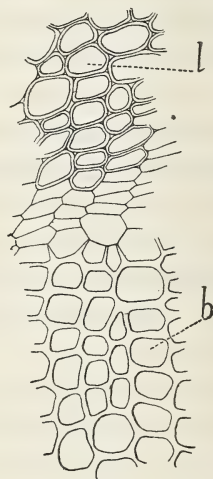


Fig. 7.

Fig. 6 et 7. — *Pinus silvestris*. Portions de coupes transversales.

6. Flèche normale.

7. Grande ramification normale.

b, bois; l, liber. Gr = 350.

D'abord, sur l'individu témoin, la flèche comparée à un de ses rameaux a un aspect extérieur bien différent. Le diamètre est plus allongé, les feuilles sont plus espacées, et s'étendent tout autour de l'axe chez la flèche; au contraire, chez la branche latérale, la phyllotaxie restant la même, ces feuilles se tordent à leur base et se disposent en

(1) J. Vallot, *Loc. cit.*

séries longitudinales sur les parties latérales des rameaux. Les feuilles portées par la flèche sont aussi beaucoup plus pointues.

Les flèches de remplacement ou rameaux devenus verticaux prennent les caractères de la flèche normale. Cependant, elles reproduisent encore un peu les caractères des branches dont elles sont les homologues; et les différences qui existent entre une flèche de remplacement et les ramifications normales de l'arbre sont moins accusées que celles que je viens de signaler entre l'axe principal intact de l'arbre et ses branches.

Parmi les rameaux verticaux, qui remplacent la flèche détruite, les uns ont changé de direction dès leur base; les autres, qui étaient déjà relativement âgés et différenciés au moment de la destruction du sommet de l'arbre, se redressent progressivement pour devenir verticaux et forment une courbe à concavité dirigée vers le ciel. Ces derniers, comme les premiers, s'épaississent rapidement grâce à l'activité de l'assise génératrice libéroligneuse; les feuilles acuminées ne commencent à apparaître que dans la région absolument verticale du rameau considéré.

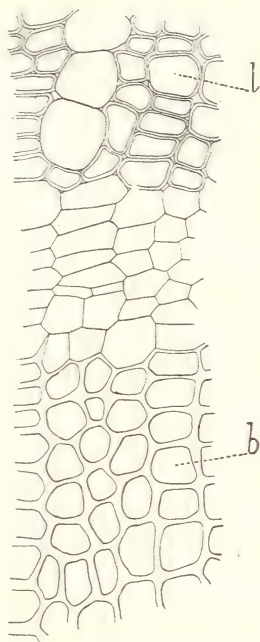


Fig. 8. — *Pinus silvestris*. — Flèche de remplacement. Par le calibre de ses vaisseaux, cet organe ressemble plus à la flèche normale qu'à une branche ordinaire. — *b*, bois; *l*, liber. Gr = 350.

Morphologie interne.

Flèche. — Examinons une région très proche du bourgeon terminal. L'épiderme se trouve constitué par des cellules aplaties tangentiellement; on rencontre sur cette tige quelques poils multicellulaires assez éloignés les

uns des autres sur la coupe. A l'intérieur de cet épiderme, on trouve un certain nombre d'assises de liège. Le parenchyme cortical est formé de cellules arrondies ; il présente de grand méats intercellulaires et contient beaucoup de canaux sécréteurs de divers calibres et quelques éléments sclérifiés. La moelle, formée de cellules arrondies, présente des îlots sclérenchymateux ; elle est entourée par un anneau complet de formations libéroligneuses.

Rameau latéral normal. — Les poils insérés sur l'épiderme sont ici plus nombreux ; sur la coupe, ils se montrent moins espacés ; les assises de liège sont à peu près en nombre égal. Les éléments scléreux, que l'on rencontre dans le tissu cortical et dans la moelle, sont ici moins nombreux. Les formations libéroligneuses sont un peu moins épaisses ; la moelle est relativement moins volumineuse.

Flèche de remplacement. — Les tissus libéroligneux sont presque aussi développés que dans la flèche, et les éléments de soutien, que j'ai signalés dans la moelle et dans l'écorce, sont à peu près aussi nombreux ; les poils sont aussi espacés.

EPICEA (*Picea excelsa*).

Morphologie externe.

La flèche, comparée à un rameau latéral normal, montre les différences suivantes ; la croissance en longueur est plus rapide, les feuilles sont moins rapprochées. Sur la flèche, les feuilles se dirigent suivant des plans passant par l'axe de l'organe. Sur les ramifications, au contraire, quoique, au point de vue de leur insertion, la disposition soit la même, les feuilles issues de la face inférieure de la branche se dirigent latéralement.

Sur la flèche de remplacement, les feuilles montrent les mêmes caractères que sur la tige verticale ordinaire. La direction de ces branches modifiées est absolument verti-

cale; leur diamètre augmente beaucoup et devient presque aussi grand que celui de la flèche témoin.

Les divers échantillons ont été recueillis en automne un peu plus d'un an après le sectionnement.

Morphologie interne.

Je comparerai d'abord une flèche normale à une de ses ramifications, puis je décrirai la flèche de remplacement.

Flèche normale et rameau latéral. — Une coupe faite dans une région du bourgeon terminal montre que l'épaisseur de l'écorce dans les deux cas est à peu près la même, et cependant les diamètres relatifs de ces deux organes diffèrent dans la proportion de un à un et demi: l'épaisseur relative de l'écorce est donc beaucoup plus faible dans la flèche. Les canaux sécréteurs sont plus nombreux dans l'écorce de la flèche; l'assise génératrice externe ne fonctionne pas beaucoup plus activement dans un cas que dans l'autre. Pour la moelle, les cellules les plus axiales sont arrondies; les plus externes sont polygonales à angles arrondis, et quelques-unes d'entre elles sont lignifiées; ces dernières sont plus nombreuses dans la flèche; le volume total de la moelle est aussi plus considérable; les formations libéroligneuses plus épaisses. En somme, ce sont surtout les tissus profonds qui acquièrent dans la flèche une plus grande importance.

Les différences d'épaisseur du tissu libéroligneux sont d'autant plus accusées que l'on considère des régions plus âgées, car l'assise génératrice interne fonctionne plus activement dans la flèche.

Flèche de remplacement. — Dans la flèche de remplacement, les formations libéroligneuses forment un anneau presque aussi épais que dans une flèche ordinaire, les cellules lignifiées de la moelle sont presque aussi nombreuses, l'épaisseur relative de l'assise est moins considérable que dans la branche latérale normale, elle est un peu plus

grande que dans la branche non modifiée et l'allongement devient plus rapide. Donc, la branche qui devient flèche de remplacement modifie sa structure et tend à acquérir la constitution anatomique de la flèche.

HARICOT (*Phaseolus multiflorus*).

Morphologie externe.

Dans le genre *Phaseolus*, les bourgeons cotylédonaire restent habituellement rudimentaires. Mais lorsque l'on coupe l'axe épicotylé à peu de distance des cotylédons, ces bourgeons grandissent ; ils se ramifient et donnent des fleurs et des fruits.

Quand la section est faite à un niveau plus élevé, le remplacement se fait par les branches nées à l'aisselle de feuilles de l'axe épicotylé. Les branches de remplacement grandissent rapidement, prennent l'aspect de la tige principale, mais les entre-nœuds sont plus courts que dans cette dernière.

Morphologie interne.

Dans une tige principale témoin (Pl. XX, fig. 1), l'écorce est constituée par quatre ou cinq assises de cellules à angles arrondis et par un épiderme formé d'éléments dont la plus grande dimension est parallèle à la surface de la tige. Dans le cylindre central, en face des faisceaux, le péricycle est plus épais que dans les intervalles, et présente de nombreuses fibres peu lignifiées. Les formations secondaires se développent assez abondamment.

Dans un rameau normal (Pl. XX, fig. 2), les cellules de l'écorce sont plus petites que dans la tige principale ; mais il en existe le même nombre d'assises ; les cellules épidermiques sont à peu près cubiques. Étant donné le petit diamètre de la ramification considérée, l'épaisseur relative de l'écorce est ici beaucoup plus considérable que dans la tige principale. Le péricycle n'est lignifié en aucun point et les fibres

qu'il renferme sont fort peu différenciées. Le calibre des vaisseaux est ici beaucoup plus faible que dans la tige de premier ordre, la moelle est moins développée et formée d'éléments bien plus petits. L'assise génératrice libéroligneuse a peu ou pas fonctionné.

Dans la branche de remplacement (Pl. XX, fig. 3), les cellules corticales sont aussi grandes que dans la tige principale. Par suite du grand développement des différents tissus qui constituent le cylindre central, l'épaisseur relative de l'écorce est bien plus faible que dans la ramification normale homologue. Les vaisseaux deviennent plus volumineux que ceux des rameaux normaux, le péricycle est plus épais; les fibres y sont plus nombreuses et bien différenciées. En somme, la structure se rapproche beaucoup de celle de la tige principale.

LUPIN (*Lupinus*).

Cette plante, dans les conditions habituelles de végétation, se ramifie peu. Les bourgeons cotylédonaire restent, en général, rudimentaires, et les branches nées à l'aisselle des feuilles inférieures sont toujours petites.

Supposons l'axe épicotylé coupé au-dessus de son premier entre-nœud; les bourgeons, nés à l'aisselle des deux feuilles situées immédiatement au-dessous de la section, grandissent rapidement; les branches qui en émanent se dirigent de bas en haut. Souvent une de ces deux branches se développe plus que l'autre, elle devient absolument verticale, et prolonge l'axe principal. Les bourgeons cotylédonaire, eux aussi, donnent alors naissance à des rameaux volumineux, généralement inégaux; l'un d'entre eux devient quelquefois plus volumineux que la tige principale d'un pied témoin. Quand la section de la tige est faite dans le premier entre-nœud, ce sont uniquement les branches cotylédonaire qui se substituent à la partie détruite.

Dans cette espèce, comme dans la précédente, la tige de remplacement a une vigueur considérable presque égale à

celle de l'axe épicotylé lui-même, surtout lorsqu'elle est unique. Sa structure, qui se modifie progressivement, devient presque en tout semblable à celle de l'axe normal.

FÈVE (*Faba vulgaris*).

Morphologie externe.

Comme dans le genre *Phaseolus*, il arrive fréquemment que le remplacement s'effectue grâce au développement des bourgeons cotylédonaire.

Lorsque l'axe épicotylé n'est pas détruit et se développe dans de bonnes conditions, les bourgeons cotylédonaire peuvent rester rudimentaires; ils ne cessent pas alors d'être recouverts en partie par le tégument de la graine. D'autres fois, ils se développent un peu plus; ils émettent une ou deux petites feuilles. Enfin, dans certains cas, ils peuvent être très longs et cheminer parallèlement à l'axe principal.

Quand l'axe principal est détruit totalement ou en partie, les bourgeons cotylédonaire prennent tous les deux un grand développement. Si la tige principale a été coupée vers sa base, la plante paraît avoir deux tiges à peu près égales, car l'axe se bifurque juste au-dessus des cotylédons.

Les rameaux, émanés des bourgeons cotylédonaire et que remplace la tige principale, se comportent absolument comme cette dernière; complètement verticaux, ils se développent et se ramifient comme elle; cependant, leur allongement est un peu moins rapide; c'est pourquoi, lorsque les différents échantillons développés dans les mêmes conditions sont fleuris, ceux restés intacts dépassent souvent les autres de plusieurs centimètres. Les feuilles des pieds blessés sont quelquefois un peu plus petites.

Morphologie interne.

La tige principale est quadrangulaire: deux des angles renferment un faisceau libéroligneux, en dehors duquel se

trouve un paquet de fibres. Plus profondément, on trouve un cercle de faisceaux d'inégale importance; ceux d'entre eux situés près des angles de la tige sont, en général, plus volumineux. Ces faisceaux sont au nombre de trente, réunis en un anneau continu par les formations libéroligneuses de l'assise génératrice; au centre de la coupe, la moelle est détruite. L'épaisseur du tissu cortical représente environ le dixième du diamètre total de l'organe.

Je décrirai la structure d'un rameau cotylédonaire normal chez une des Fèves témoins, de même âge que celle dont la tige principale a été étudiée. La plupart de ces rameaux montrent le plus souvent une différenciation très peu avancée de leurs tissus; la lignification manque presque totalement. On distingue nettement un cercle de faisceaux; mais l'assise génératrice a peu ou pas fonctionné. En dehors de ce cercle, on trouve deux faisceaux homologues de ceux qui ont été signalés précédemment dans les angles de la tige principale. La moelle est beaucoup plus réduite: ses cellules ont leurs parois restées à l'état cellulosique; l'épaisseur du tissu cortical correspond environ au cinquième du diamètre de l'organe.

Dans la branche cotylédonaire de remplacement, la structure se rapproche beaucoup de celle de la tige principale; elle en diffère cependant par son diamètre total, qui est un peu plus faible; les formations secondaires y sont aussi un peu moins abondantes.

ARMOISE (*Artemisia vulgaris*).

Morphologie externe.

A la suite de la perte de l'extrémité de son axe principal, la plante pousse des ramifications beaucoup plus longues, qui augmentent rapidement de diamètre.

Déjà chez la plante témoin, les ramifications font avec la tige principale un angle assez peu ouvert. Sur la plante en

expérience, les rameaux les plus élevés s'incurvent légèrement et deviennent tout à fait verticaux.

Morphologie interne.

Tige principale normale. — La coupe montre dans l'écorce des îlots de collenchyme disposés de distance en distance, et qui correspondent à des côtes longitudinales que l'on rencontre sur la tige. Dans l'intervalle de ces côtes, le tissu cortical est formé de cellules chlorophylliennes à parois minces, dont les plus externes sont légèrement allongées radialement. L'endoderme, formé par de gros éléments, est très facile à distinguer. Les formations libéroligneuses ne présentent rien de particulier.

Rameau latéral témoin. — Dans le rameau normal, l'épaisseur absolue de l'écorce est à peu près la même que dans la tige principale. Or, comme le diamètre total est beaucoup plus faible, il en résulte que l'épaisseur relative de l'écorce est bien plus grande dans le rameau. Le collenchyme est un peu moins différencié ; les formations libéroligneuses sont un peu moins épaisses, et la moelle est moins volumineuse.

Tige de remplacement. — Dans une tige de remplacement, l'écorce a encore la même épaisseur absolue ; et, comme le diamètre de ce rameau est presque aussi considérable que celui de la tige principale normale, ce caractère rapproche la ramification de remplacement de la tige principale. Les formations secondaires libéroligneuses sont presque aussi abondantes que dans cette dernière.

RICIN (*Ricinus communis*).

Morphologie externe.

A la suite de la section de l'axe épicotylé, juste au-dessus des cotylédons, les rameaux issus de l'aisselle de ces feuilles deviennent verticaux ; ils se développent fréquemment, tous les deux également, et l'axe de la plante semble

alors bifurqué. Cette plante, tout aussi vigoureuse que les échantillons témoins, présente des cotylédons plus développés (pétiole plus long, limbe plus grand).

La section, à un niveau plus élevé, provoque des phénomènes de remplacement de même nature; mais les branches de remplacement étant dans ce cas plus nombreuses, leur différenciation est moins accusée: elles grossissent moins vite, s'allongent moins rapidement.

Morphologie interne.

Tige principale. — Vers l'extrémité de la tige principale, on rencontre un grand nombre de faisceaux disposés suivant une circonférence qui limite une moelle parenchymateuse. L'épaisseur de l'écorce correspond à peu près au vingtième du diamètre de cette tige. Les assises sous-épidermiques sont formées d'éléments, dont les parois s'épaississent aux angles, et constituent du collenchyme. Ce collenchyme comprend environ dix séries concentriques de cellules.

Rameau latéral témoin. — Dans la branche latérale née à l'aisselle des cotylédons, le nombre des faisceaux est beaucoup moins considérable que dans la tige principale: les tissus provenant de l'assise génératrice libéroligneuse sont moins épais; le calibre des vaisseaux est un peu plus faible; la moelle est beaucoup moins volumineuse. L'épaisseur de l'écorce est égale environ au dixième du diamètre de l'organe; les assises collenchymateuses, situées sous l'épiderme, ne sont ici qu'au nombre de cinq ou six.

Tige de remplacement. — Dans la tige de remplacement, le nombre des faisceaux est plus grand que dans le rameau témoin, le calibre des vaisseaux plus considérable, la moelle plus grosse. L'épaisseur corticale équivaut environ au seizième de l'épaisseur totale de l'organe; enfin, le collenchyme est plus épais que dans une ramification normale.

ORTIE DIOÏQUE (*Urtica dioica*).**Morphologie externe.**

Lorsque l'extrémité de la tige est détruite, la plante se ramifie plus abondamment sur toute sa longueur, acquiert des pétioles un peu plus longs, et des limbes un peu plus grands que ceux d'une plante intacte. Le remplacement se fait ordinairement par deux rameaux nés à l'aisselle des feuilles immédiatement inférieures à la lésion. Il n'est pas rare de voir un de ces rameaux se redresser pour devenir vertical ; quelquefois, les deux changent ainsi de direction.

Morphologie interne.

La tige de l'Ortie possède quatre côtes longitudinales alternant avec autant de sillons. C'est en face des côtes que l'on rencontre, sous l'épiderme, plusieurs assises de collenchyme, et que dans le cylindre central se trouvent les faisceaux libéroligneux. Au dos de ces faisceaux, le péricycle donne naissance à des îlots de fibres, les fibres textiles de l'Ortie.

Comparons l'axe à une de ses ramifications normales. Vers l'extrémité de ces organes, la structure est peu différente ; cependant le calibre des vaisseaux est déjà plus considérable dans la tige principale. Plus bas, les formations secondaires deviennent rapidement très abondantes, dans l'axe de la plante, et à quelques centimètres de l'extrémité de ces organes on rencontre des formations libéroligneuses plus épaisses, des îlots collenchymateux beaucoup plus développés, des vaisseaux à calibre plus considérable, des fibres péricycliques bien plus nombreuses dans l'axe principal que dans une région de même âge d'une des tiges latérales.

Dans un rameau de remplacement comparé à une ramification normale, on trouve des différences analogues : le

calibre des vaisseaux est plus grand, les cellules médullaires augmentent de diamètre : le tissu collenchymateux se différencie mieux et plus rapidement, les formations secondaires deviennent plus abondantes, les fibres péricycliques plus nombreuses ; mais la branche n'atteint jamais ni par son diamètre, ni par l'épaisseur de ses formations secondaires, le développement complet d'une tige principale.

CHENOPODE (*Chenopodium album*).

Morphologie externe.

Chez la plante témoin, les feuilles sont en général plus rapprochées sur les branches que sur la tige principale ; le diamètre de cette dernière est plus considérable, et l'allongement plus rapide.

A la suite de la section de l'axe, les ramifications supérieures et inférieures se développent beaucoup. La branche la plus élevée se redresse fréquemment et devient verticale. Cette branche de remplacement comparée aux rameaux normaux s'épaissit un peu plus rapidement, s'allonge un peu plus vite, prend l'aspect de l'axe principal qu'elle remplace.

Morphologie interne.

Dans la plante normale, la tige principale et ses ramifications ont un épiderme formé par des cellules cubiques ou légèrement aplaties tangentiellement, et dont les parois externes sont faiblement cutinisées. Au-dessous de cet épiderme, le tissu cortical, formé de cellules à angles arrondis, contient des grains de chlorophylle. Ces éléments forment, au-dessous de l'épiderme, une couche de tissu assimilateur interrompu de distance en distance par des îlots de collenchyme. Les cellules épidermiques qui correspondent au collenchyme sont beaucoup plus petites que leurs voisines. Les assises profondes du tissu cortical renferment de gros

cristaux d'oxalate de chaux. Le péricycle est formé de fibres lignifiées, constituant un anneau continu autour des autres formations du cylindre central; il s'épaissit en face des faisceaux libéroligneux.

Dans la tige principale, l'écorce est relativement moins épaisse que dans la ramification; cependant, les îlots collenchymateux qu'elle renferme sont beaucoup plus larges et bien plus épais que dans cette dernière; les cristaux d'oxalate de chaux paraissent plus abondants; les paquets fibreux du péricycle, adossés aux faisceaux, sont plus épais. Le nombre des faisceaux est plus considérable, et ces faisceaux renferment un beaucoup plus grand nombre d'éléments constitutifs dans la tige principale que dans ses ramifications.

Dans la branche de remplacement, comparée à une tige latérale non modifiée, la surface de section des îlots collenchymateux est beaucoup plus grande; le collenchyme, dans son ensemble, est presque aussi développé que dans la tige principale. L'oxalate de chaux est un peu plus abondant que dans le rameau normal, l'épaisseur relative de l'écorce plus faible. Les fibres péricycliques ont une paroi plus épaisse et sont plus nombreuses; les formations libéroligneuses sont aussi bien plus abondantes, et le nombre des faisceaux libéroligneux s'élève, et devient fréquemment égal à celui que l'on observe dans une tige principale du *Chenopode* témoin.

RÉSUMÉ.

Si on compare à une ramification ordinaire un rameau de remplacement, on constate que :

A. Au point de vue de la morphologie externe :

1° Le rameau de remplacement change de direction, se recourbe, devient vertical, et s'allonge de bas en haut;

2° Son diamètre est plus considérable;

3° Son allongement plus rapide;

4° Ses feuilles sont plus grandes, et plus espacées les unes des autres ;

B. Au point de vue de la morphologie interne :

1° Les méristèmes fonctionnent plus activement dans la branche modifiée que dans les autres branches.

Ce sont principalement les cellules du méristème terminal, et celles de l'assise génératrice intra-libérienne qui ont une vitalité beaucoup plus grande ; c'est ce qui explique l'allongement plus rapide dont j'ai parlé, et l'épaisseur plus considérable des formations libéroligneuses ;

2 Le diamètre du cylindre central est relativement plus grand, et, inversement, l'épaisseur corticale plus faible. Pour le cylindre central, les différences observées sont dues, à la fois, à la plus grande quantité de formations libéroligneuses, et, souvent aussi, au volume plus considérable de la moelle ;

3° Les éléments cellulaires sont, en général, plus grands ; surtout, la différence de calibre des vaisseaux primaires et secondaires est très accusée ; il en est de même du diamètre des cellules de la moelle ;

4° Le tissu de soutien est plus abondant : par exemple, les fibres péricycliques sont plus nombreuses, et le collenchyme plus développé.

Mais les différences constatées entre la branche de remplacement et le rameau latéral normal, je les ai retrouvées, en général, encore plus accusées entre la tige principale intacte et ses ramifications. On peut donc dire que le rameau de remplacement régénère, dans une large mesure, la portion détruite de la tige mère ; que, par sa structure, il se rapproche plus de l'axe principal que d'une ramification normale.

Comme on peut s'en rendre compte aisément, ces observations ressemblent beaucoup à celles que j'ai signalées pour la racine.

SECONDE PARTIE

REMPLACEMENT DES FEUILLES PAR LES TIGES

On sait que beaucoup de plantes, appartenant à divers groupes, présentent un système foliaire peu développé. Une telle réduction se montre avec des caractères variés. Tantôt, les feuilles sont de petite taille, par rapport au volume de la branche qui les porte (*Sarothamnus scoparius*) ; tantôt, ces feuilles sont presque avortées et réduites à de petites écailles (*Asparagus officinalis*), etc.

Or, plusieurs fonctions importantes, telles que l'assimilation du carbone, la transpiration, etc., ont leur siège principal dans le limbe des feuilles. Si le limbe est réduit, ce sont d'autres parties de la feuille, soit même d'autres organes, qui se substituent, plus ou moins complètement, au limbe pour remplir ses fonctions habituelles. Ainsi, chez beaucoup d'Acacias, on voit toutes les transitions entre une feuille normale, à nombreuses folioles, et une feuille sans folioles, mais dont le pétiole s'est progressivement aplati (phyllode) et remplace le limbe manquant. Dans d'autres cas, la tige présente des formes un peu spéciales qui augmentent sa surface ; on y observe, par exemple, des cannelures, des ailes dans lesquelles on rencontre beaucoup de chlorophylle. Il y a en quelque sorte un balancement organique entre le développement du tissu assimilateur des feuilles et celui des tiges.

J'ai voulu rechercher si on peut, sans changer le milieu, reproduire expérimentalement un tel balancement, et si on peut accentuer le phénomène chez les espèces où il existe déjà.

J'ai étudié les modifications anatomiques résultant du

remplacement physiologique, d'abord des feuilles par les tiges, puis du limbe par le pétiole.

Pour différentes espèces, des pieds issus de graines comparables ont été cultivés dans des conditions identiques. Sur certains, j'ai supprimé les feuilles à mesure qu'elles se formaient, alors que d'autres restés intacts servaient de témoins.

Les échantillons privés de feuilles étaient mélangés aux échantillons normaux ; de sorte que, dans les deux cas, les conditions d'éclairement, de température et d'état hygrométrique étaient absolument les mêmes.

J'ai aussi comparé des rameaux issus de la même plante et également éclairés ; les uns, conservés intacts, étaient destinés à servir de témoins ; les autres, de même âge, étaient privés de feuilles pendant un temps plus ou moins considérable.

Pour les observations concernant les pétioles, j'ai toujours mis en parallèle des feuilles issues du même individu, nées au même moment, et venant dans des conditions identiques.

Enfin, les préparations anatomiques intéressaient des régions absolument de même âge ; et, pour les pétioles, les coupes étudiées ont été faites en des points comparables : par exemple le milieu de l'organe.

Cependant, les échantillons en expérience présentent souvent un diamètre plus faible que les organes témoins de même âge ; ce qui pourrait faire penser que les différences anatomiques qui les distinguent sont dues à un ralentissement du développement des premiers ; d'autant plus que les tiges et pétioles jeunes présentent souvent une coloration verte, plus foncée que les mêmes organes plus âgés.

Chez les espèces où les différences de diamètre étaient suffisamment appréciables, j'ai étudié et opposé à l'individu privé de feuilles, d'abord un échantillon témoin de même âge, puis un organe intact un peu plus jeune, de même diamètre que celui dont les feuilles avaient été supprimées, pour montrer que les différences que je signale sont loin d'être dues uniquement à un retard ou à un arrêt du déve-

loppement de l'organe mutilé, mais qu'elles tiennent en partie au balancement dont j'ai parlé plus haut.

Je décrirai successivement : 1° le résultat de la comparaison de la structure des tiges privées de feuilles et de l'anatomie des tiges normales témoins ; 2° je comparerai des pétioles intacts à des pétioles dont le limbe a été supprimé ; 3° je terminerai par quelques expériences ayant pour but de

montrer que les fonctions physiologiques des organes étudiés sont complètement en rapport avec les modifications anatomiques observées.

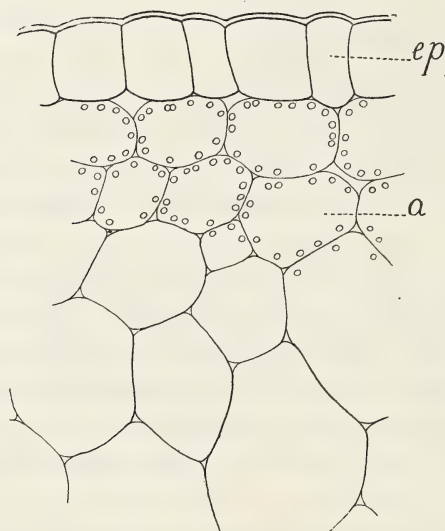


Fig. 9. — *Faba vulgaris*. Tige normale (Portion d'une coupe transversale). — *ep*, épiderme ; *a*, tissu assimilateur. Gr = 350.

1. — TIGES.

FÈVE (*Faba vulgaris*).

Morphologie externe.

Les individus privés de feuilles se développent dans le même terrain que les pieds témoins. Ils

sont mélangés à ces derniers : les conditions de végétation sont donc les mêmes pour les deux séries d'échantillons.

Les différentes tiges étudiées sont recueillies quand les plantes témoins sont fleuries. A ce moment, les pieds effeuillés montrent des bourgeons floraux. La suppression des feuilles occasionne donc un retard dans le développement. La tige des Fèves privées de feuilles est un peu moins haute, un peu moins épaisse ; ses entre-nœuds sont un peu plus courts ; elle est surtout beaucoup plus verte. En somme, cette espèce résiste assez bien à l'expérience.

Morphologie interne.

Chez la plante témoin (fig. 9), l'épiderme a ses cellules à peu près carrées sur une coupe transversale, parfois un peu plus allongées, dans le sens parallèle, à la surface de la tige. Les deux ou trois assises sous-épidermiques ont leurs cellules un peu aplaties suivant le sens tangentiel, et les cellules, plus profondes, d'un calibre beaucoup plus considérable, sont polygonales, mais ont leurs angles arrondis. Les grains de chlorophylle, relativement peu abondants, n'existent que dans les deux ou trois premières assises sous-épidermiques.

Chez la plante qui a été privée de feuilles (fig. 10), dans une région de même âge que celle dont la structure vient d'être décrite, l'épiderme a ses cellules un peu plus allongées, perpendiculairement à la surface de la tige, que chez la plante intacte; les stomates y sont beaucoup plus nombreux. La chlorophylle est beaucoup plus abondante; il en existe dans toutes les assises corticales, et les cellules voisines de l'épiderme contiennent un très grand nombre de chloro-leucites. Les éléments du tissu cortical s'allongent dans le sens radial; ils sont de dimension plus petite, et ont en coupe

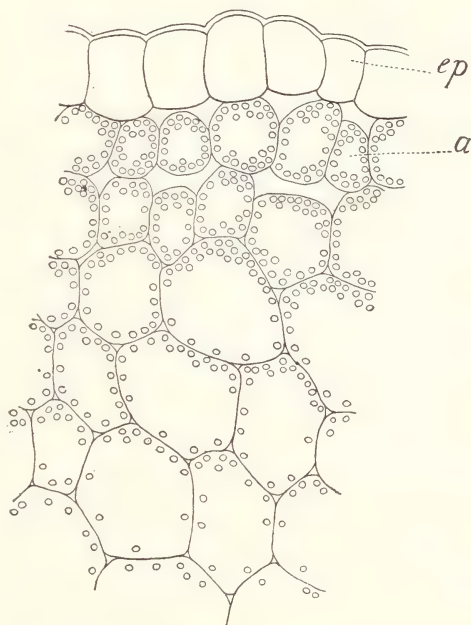


Fig. 10. — *Faba vulgaris*. Tige qui a été privée de feuilles. (Région de même âge que celle représentée à la figure 9. Mêmes lettres.) Gr = 35 μ .

transversale la forme de carrés à angles arrondis : les plus profonds sont polygonaux ; leur plus grande dimension est perpendiculaire à la direction de l'épiderme. Les formations libéroligneuses sont un peu moins développées.

On sait que les cellules des organes assez jeunes contiennent quelquefois plus de chlorophylle que les mêmes cellules des organes adultes. Les différences signalées, dans la comparaison qui vient d'être faite, tiennent-elles simplement à ce que les régions étudiées dans les tiges qui ont été privées de feuilles sont à un degré de développement moins avancé que les régions de même âge, décrites dans les tiges feuillées ? Pour se convaincre qu'il n'en est pas ainsi, faisons une autre comparaison.

Comparons une tige effeuillée à une tige pourvue de feuilles, dans une partie plus jeune et de même diamètre. Dans cette dernière, les cellules des assises les plus externes renferment beaucoup moins de grains de chlorophylle ; elles sont de taille un peu plus grande, à peu près isodiamétriques, et non allongées radialement comme dans l'échantillon privé de feuilles : l'épiderme y présente beaucoup moins de stomates. Donc, on ne saurait dire qu'une tige qui a été effeuillée représente l'état jeune d'une tige munie de ses feuilles. Il y a réellement une modification dans le mode de développement et la tige acquiert véritablement une quantité de chlorophylle plus considérable quand l'assimilation des feuilles est supprimée.

Cette substitution de la tige à la feuille ne se fait pas évidemment d'une façon complète : aussi on peut dire qu'à certains égards, la tige sans feuilles n'arrive qu'à un degré de différenciation moindre qu'une tige normale (1).

(1) M. Prunet, en 1890, supprime les feuilles jeunes de diverses plantes et constate que la différenciation des tissus nodaux se réduit considérablement par la suppression de ces feuilles.

Prunet, *Recherches sur les nœuds et entre-nœuds de la tige des Dicotylédones* (Annales des Sciences naturelles, 1890).

SAROTHAMNE (*Sarothamnus scoparius*).**Morphologie externe.**

Cette plante présente déjà à l'état normal une réduction considérable de son système foliaire : c'est ainsi que ses feuilles paraissent petites, surtout si on considère le diamètre de la tige qui les porte. Ces feuilles sont ou simples ou trifoliolées. Il est à remarquer que, en général, on rencontre ces deux formes de feuilles chez le même individu, soit sur un même rameau, soit sur des rameaux différents.

Les tiges présentent généralement cinq côtes arrondies à leur sommet, alternant avec autant de sillons. Ces tiges ont une coloration verte, aussi foncée que la face supérieure des feuilles auxquelles elles donnent naissance. Si on examine la tige avec attention, on peut constater que la coloration n'est pas d'égale intensité sur toute la surface de l'organe : les lignes longitudinales, qui marquent le sommet des carènes, sont plus faiblement colorées, et les parties les plus foncées correspondent à la base des crêtes.

Déjà, chez cette plante à l'état normal, la tige a une part importante dans le phénomène de l'assimilation, et la coloration verte est légèrement plus intense dans les rameaux dont les feuilles sont unifoliolées, que dans les ramifications qui portent des feuilles composées.

Sur de jeunes rameaux, je supprime toutes les feuilles ; les rameaux continuent à s'allonger ; je détruis les nouvelles feuilles à mesure qu'elles se forment, et cela pendant plus d'un mois. Si on compare alors cette tige à une tige normale de même âge, on constate que l'organe privé de ses feuilles présente une coloration verte beaucoup plus foncée. Les rameaux comparés sont cependant placés absolument dans les mêmes conditions, et choisis sur la même plante. Cette différence de coloration s'étend non seulement à la portion terminale produite depuis le début de l'expérience, mais encore jusqu'à une certaine longueur sur la portion de rameau

existant avant la suppression des feuilles. Les différents rameaux, étudiés au point de vue anatomique, sont choisis tous horizontaux et également éclairés. Je ne décrirai que la partie supérieure de l'écorce de ces organes.

Morphologie interne.

Dans le *Sarothamnus scoparius*, les crêtes sont constituées par l'écorce en dehors, et plus profondément par des expansions du cylindre central. Le tissu cortical est en général assimilateur dans presque toute son épaisseur. Au sommet de la crête, on rencontre un îlot de collenchyme de forme triangulaire, dont la base convexe correspond à l'extrémité de cette crête. Les expansions du cylindre central sont, en majeure partie, constituées par du sclérenchyme péricyclique.

Tige normale. — Dans la tige normale, l'écorce est limitée par un épiderme formé de cellules tabulaires, deux ou trois fois plus larges que hautes. Sous l'épiderme, le parenchyme assimilateur est interrompu au niveau du sommet des crêtes par l'îlot de collenchyme dont il a été parlé. Son assise cellulaire la plus externe est formée de cellules régulièrement allongées dans le sens radial, et constitue une assise palissadique riche en chlorophylle. Immédiatement en dedans de cette assise, on rencontre des cellules polygonales isodiamétriques contenant, elles aussi, de la chlorophylle. Cette disposition du tissu assimilateur que je viens de décrire est, en général, celle que l'on rencontre dans les rameaux dont les feuilles sont simples ; mais lorsque les tiges portent exclusivement des feuilles munies de trois folioles, la différenciation du tissu assimilateur est souvent moins accusée, et l'assise corticale sous-épidermique est alors fréquemment composée de cellules qui, dans une coupe transversale, ont la plupart une forme carrée ; pour quelques-unes même, la plus grande dimension n'est pas perpendiculaire à la surface de la tige.

Le cylindre central présente cinq expansions longitu-

dinales, correspondant respectivement au plan de symétrie de chaque carène. Ces expansions sont constituées par le péri-cycle. Le liber et le bois circonscrivent un pentagone régulier, dont les angles sont arrondis.

Tige qui a été privée de feuilles. — Dans les tiges qui ont été privées de feuilles, l'épiderme est constitué par des cellules moins aplaties dans le sens perpendiculaire à la surface de la tige. Les cellules sous-jacentes sont extrêmement allongées dans le sens perpendiculaire à la surface de la tige. Le diamètre radial de ces cellules est au moins deux fois plus considérable que celui des cellules homologues de la coupe précédente : la largeur est sensiblement la même; ces éléments sont absolument remplis de grains de chlorophylle. Les deuxième et troisième assises sous-épidermiques subissent un allongement dans le même sens; de sorte qu'il existe trois séries de cellules fortement allongées, dans un sens perpendiculaire à l'épiderme, qui constituent un épais parenchyme palissadique. Toutes ces cellules sont gorgées de chloroleucites. Enfin, les cellules les plus profondes sont polygonales; mais toujours moins aplaties que les éléments comparables des tiges normales. De plus, la chlorophylle, en un point quelconque de l'écorce, est toujours beaucoup plus abondante dans les tiges privées de feuilles, qu'en un point homologue des rameaux normaux.

En résumé, la tige privée de feuilles a beaucoup plus de chlorophylle et présente un parenchyme en palissade beaucoup plus développé que la tige intacte; elle a donc partiellement remplacé les feuilles.

GENÈT DES TEINTURIERS (*Genista tinctoria*).

Morphologie externe.

Une fois la germination commencée, je coupe, sur certains individus, les feuilles situées au-dessus des cotylédons, mais sans toucher à ces derniers organes.

Les plantes étudiées sont encore très jeunes; elles ne mesurent encore que 3 à 4 centimètres de hauteur.

La tige de ces plantes, à l'état normal, présente une coloration brun rougeâtre; la tige des autres échantillons est presque complètement verte.

Morphologie interne.

Plante témoin. — La tige de la plante normale montre un

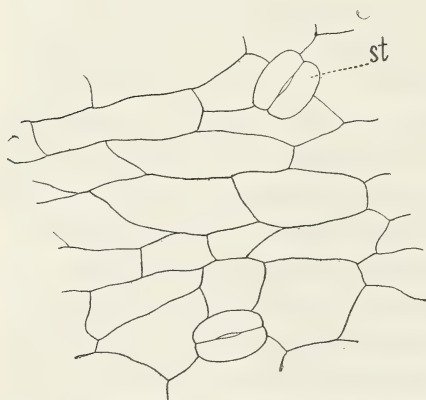


Fig. 11. — *Genista tinctoria*. Épiderme d'une tige normale. — st, stomate. Gr = 350.

tissu assimilateur abondant constitué par l'écorce. Ce tissu assimilateur est lacuneux, surtout dans ses couches profondes (Pl. XXI, fig. 1). Çà et là quelques cellules sont un peu allongées, constituant un tissu palisadique peu accentué.

A l'extrémité des ailes, du collenchyme forme une masse triangulaire.

Plante qui a été privée de feuilles. — Les modifications portent principalement sur l'épiderme et sur le tissu assimilateur (Pl. XXI, fig. 2).

L'épiderme est constitué par des cellules en général légèrement plus étroites que dans le cas précédent, mais ce qui le distingue surtout de l'épiderme de la tige témoin, c'est la présence d'un beaucoup plus grand nombre de stomates. Cette augmentation du nombre des stomates, que j'ai constatée chez un grand nombre d'espèces dans cette série d'expériences, est très accusée chez le *Genista tinctoria*. L'inspection des deux épidermes, vus de face (fig. 11 et 12), montre d'une façon très nette combien les stomates sont plus nombreux dans la tige effeuillée.

Les cellules du tissu assimilateur sont fortement modi-

fiées. Ce tissu présente, dans presque toute son épaisseur, l'aspect d'un parenchyme palissadique. Les lacunes sont plus petites et moins nombreuses; la chlorophylle y existe en beaucoup plus grande quantité que chez la plante normale.

GESSE ODORANTE
(*Lathyrus odoratus*).

Dans cette espèce, la tige est ailée. Elle présente un tissu assimilateur très développé. La suppression des feuilles exagère encore les propriétés assimilatrices de cette tige.

L'étude anatomique montre qu'à l'état normal l'écorce contient beaucoup de grains de chlorophylle, principalement dans ses cellules les plus externes. Ainsi, l'épiderme est tapissé, sur toute sa face interne, par du tissu assimilateur, qui existe même à l'extrémité des expansions latérales, où il se trouve compris entre l'épiderme en dehors et du sclérenchyme en dedans.

Dans l'échantillon sans feuilles, les cellules externes du tissu cortical sont arrondies, tandis que chez la plante normale elles sont ovales, et leur plus grande dimension est parallèle à la surface de la tige. Les cellules profondes modifient aussi leur forme et sont plus allongées radialement dans le premier cas que dans le second. Quant à la chlorophylle, elle existe comme toujours en plus grande quantité dans l'écorce du *Lathyrus* effeuillé que dans l'écorce de l'échantillon qui a conservé ses feuilles. L'épiderme est formé de cellules plus étroites et les stomates y sont plus nombreux.

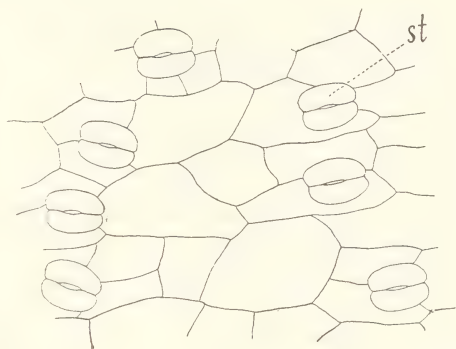


Fig. 12. — *Genista tinctoria*. Épiderme d'une tige qui a été effeuillée: — st, stomate. Gr = 350.

CHENOPODE BLANC (*Chenopodium album*).

Les tiges et les feuilles de cette espèce ont un aspect farineux dû aux poils particuliers que ces organes portent à leur surface. Les côtes que présente la tige sont très arrondies à leur sommet et peu en relief. Elles sont cependant très faciles à discerner, par suite de la différence de coloration qui existe entre ces parties faisant légèrement saillie et les régions déprimées, de teinte beaucoup plus foncée, qui les séparent. En somme, à la surface de cette tige, on constate des côtes mousses longitudinales et presque incolores, alternant avec des sillons peu profonds qui constituent des bandes vertes longitudinales.

Les bandes vertes longitudinales des tiges privées de feuilles sont très foncées. La plante a ralenti sa croissance en longueur; aussi l'échantillon effeuillé est-il moins élevé que le Chenopode intact et ses entre-nœuds sont-ils plus courts.

Sur une coupe transversale, les bandes vertes, dont j'ai parlé précédemment, se montrent formées dans l'échantillon témoin (Pl. XXI, fig. 3) par des cellules chlorophylliennes dont la section est isodiamétrique, ou, pour certains éléments, légèrement allongée dans le sens radial. Des paquets de collenchyme correspondent aux bandes incolores longitudinales. Chacun d'eux a une forme aplatie, correspond environ au tiers externe de l'épaisseur de l'écorce et occupe tout l'espace compris entre deux massifs de cellules chlorophylliennes. Au-dessous de ces formations, les cellules de l'écorce sont polyédriques, à angles arrondis; elles sont un peu plus grandes en dedans du collenchyme que dans les régions intermédiaires; l'écorce est d'ailleurs un peu plus épaisse au niveau des côtes longitudinales. Quant à l'épiderme, ses éléments sont plus petits et relativement moins larges, ont des parois plus épaisses dans les points correspondant au collenchyme que dans les régions qui limitent le tissu assimilateur.

Chez la plante qui a été privée de feuilles, la portion de tige que je vais comparer à celle qui vient d'être décrite dans l'échantillon témoin présente à peu près le même diamètre que cette dernière; elle a le même âge. Les éléments épidermiques sont plus étroits, mais cela seulement dans les portions accolées au parenchyme assimilateur (Pl. XXI, fig. 4). Le collenchyme, et la portion de l'épiderme qui le borde extérieurement, conservent à peu près le même aspect. Les grains de chlorophylle sont extrêmement nombreux dans les groupes de cellules qui forment les bandes vertes longitudinales. La forme de ces éléments est très modifiée et les assises les plus externes constituent un parenchyme palissadique formé de plusieurs assises concentriques de cellules.

ARROCHE BRILLANTE (*Atriplex nitens*).

Morphologie externe.

Lorsqu'on supprime les cotylédons chez la plante très jeune, ainsi que les autres feuilles qui se développent postérieurement, la plante continue à vivre, mais elle se développe mal. Elle reste très petite et son axe épicotylé est très court.

Au contraire, si l'on respecte les cotylédons et que l'on ne supprime que les feuilles de l'axe épicotylé, la plante reste vigoureuse et sa tige continue à croître en longueur. Cette tige, en général, est cependant un peu plus courte que la tige des plantes comparables laissées intactes, les entrenœuds sont plus courts, elle est plus verte.

Morphologie interne.

Axe épicotylé. — Chez la plante normale, l'épiderme a ses cellules aplaties de dehors en dedans; au-dessous de cet épiderme, on trouve un tissu collenchymateux peu épais et interrompu de distance en distance. L'épiderme, en face des points où manque le collenchyme, est formé de cellules plus

grandes. La dimension tangentielle des cellules du collenchyme est un peu supérieure aux autres. Au niveau des interruptions, on trouve un tissu formé de cellules à parois minces. Ce dernier tissu, situé directement au-dessous de l'épiderme, comprend plusieurs assises de cellules polyédriques ou ovales, aplaties dans le même sens que les cellules de l'épiderme et qui contiennent de la chlorophylle. En dedans du collenchyme, les cellules corticales contiennent peu de chloroleucites.

Chez la plante qui a été privée de feuilles, les cellules de l'épiderme sont carrées ou allongées dans le sens radial ; le collenchyme est formé de cellules plus petites que chez la plante normale ; ces cellules, ici, sont isodiamétriques. Les cellules du tissu qui alterne avec le collenchyme sont polygonales ou arrondies et isodiamétriques, ou même légèrement allongées dans le sens radial. Les grains de chlorophylle sont beaucoup plus nombreux dans les cellules du tissu, alternant avec les îlots du collenchyme, et dans les cellules sous-jacentes à ce collenchyme, que dans les tissus analogues de la plante normale.

Axe hypocotylé. — Ici, les modifications de forme portent sur tous les éléments cellulaires périphériques. L'épiderme de la plante privée de feuilles, comparé à celui de la plante normale, est constitué par des cellules beaucoup plus étroites et les éléments sous-jacents sont isodiamétriques au lieu d'être aplatis tangentiellement ; les méats sont plus petits. En somme, on observe, sur tout le pourtour de l'axe hypocotylé, les modifications qui ont été constatées dans les intervalles des îlots collenchymateux de la tige. La chlorophylle est beaucoup plus abondante chez la plante dont les feuilles ont été supprimées.

LIN (*Linum usitatissimum*).

Les échantillons privés de feuilles sont en général moins élevés que ceux restés intacts, les nœuds sont beaucoup plus

rapprochés, la tige est plus colorée et fréquemment un peu plus grêle. Ma comparaison anatomique porte sur des échantillons qui sont, de part et d'autre, sensiblement de même diamètre.

Au point de vue de la structure, j'ai remarqué les différences suivantes :

Dans la tige effeuillée, les cellules de l'épiderme sont plus étroites que les cellules comparables de la plante témoin. Cet épiderme présente aussi un beaucoup plus grand nombre de stomates. Les cellules du tissu cortical sont beaucoup plus allongées dans le sens radial et contiennent bien plus de grains de chlorophylle. En particulier, l'assise sous-épidermique est formée d'éléments dont la plus grande dimension est perpendiculaire à la surface de la tige, tandis que dans la plante témoin les cellules de cette assise sont allongées suivant le sens tangentiel. La différenciation du péricycle est aussi beaucoup moins accusée. Les fibres textiles du Lin témoin, disposées par faisceaux dans ce péricycle, sont facilement reconnaissables dans une coupe transversale par suite de l'épaisseur de leurs parois. Au contraire, les fibres du Lin effeuillé ont une paroi relativement mince qui permet mal leur distinction des éléments péricycliques voisins. Chez la plante privée de feuilles, le bois et le liber ont une épaisseur moindre et la différenciation de ces formations est moins accusée. Par exemple, les tissus lignifiés, au lieu de constituer un anneau complet entourant la moelle comme chez le Lin normal, forment sur une même circonférence des îlots lignifiés alternant avec du parenchyme resté à l'état de cellulose pure. La moelle est lignifiée sur ses bords dans l'échantillon normal; elle ne l'est pas du tout dans la plante sans feuilles.

GAILLET CROISETTE (*Galium Cruciata*).

Cette petite Rubiacée est semée à la fin de l'été. Je supprime successivement, et à mesure qu'ils se forment, les

verticilles de feuilles et de stipules que l'on rencontre sur cette plante. Les entre-nœuds restent un peu plus courts que ceux des plantes témoins ; ils sont un peu plus nombreux. Les ramifications se développent en général un peu plus rapidement chez les jeunes échantillons mutilés que chez ceux de même âge restés intacts. Les tiges de cette herbe montrent, à l'état normal, une pigmentation brune qui cache en partie la coloration verte due à la chlorophylle. Cette pigmentation disparaît presque totalement chez les échantillons privés de feuilles et les tiges apparaissent alors d'un vert à peu près pur.

La tige du Gaillet a, sur une section transversale, la forme d'un carré dont les angles se prolongent pour constituer des côtes longitudinales. L'écorce devient collenchymateuse au niveau du sommet de ces crêtes. Le cylindre central a un contour circulaire en coupe, par conséquent ne prend pas part à la formation des côtes ; on y observe un anneau complet libéroligneux qui circonscrit une moelle en forme de cercle. Cette moelle est formée de cellules hexagonales d'autant plus grandes que l'on se rapproche plus du centre.

L'écorce montre un beaucoup plus grand nombre de grains de chlorophylle dans la tige sans feuilles que dans l'échantillon intact, et cela respectivement pour toutes les assises cellulaires qui la constituent. Les formations libéroligneuses sont un peu moins épaisses et la lignification est moins accusée chez la plante sans feuilles. Dans les deux plantes, on remarque de la chlorophylle dans la moelle, mais cette chlorophylle est relativement peu abondante dans la plante intacte et existe au contraire en grande quantité dans l'échantillon dont les feuilles ont été supprimées.

CHARME (*Carpinus Betulus*).

Deux rameaux étant éclairés de la même façon, je coupe sur l'un le limbe des feuilles de l'extrémité. L'expérience est faite vers le milieu du mois de juin ; à cette époque, les

branches de cet arbre s'allongent encore et produisent de nouvelles feuilles. Quinze jours après le début de l'expérience, les deux branches ont un aspect très différent : les entrenœuds de la branche dont certaines feuilles ont été supprimées sont restés beaucoup plus courts, et l'extrémité du rameau présente une coloration verte beaucoup plus intense que la partie comparable de la branche témoin. Les pétioles privés de leur limbe sont aussi bien plus verts.

Dans le rameau intact, au milieu du troisième entrenœud, l'épiderme de la tige est formé de cellules isodiamétriques à paroi externe cutinisée et dont certaines se prolongent pour constituer des poils terminés en pointe ; au-dessous, on trouve trois séries concentriques de cellules de collenchyme à parois épaissies, surtout aux angles. Plus profondément, on rencontre des cellules à membrane mince, à angles arrondis et légèrement allongées dans le sens tangentiel ; quelques-unes contiennent de l'oxalate de chaux, la plupart renferment des grains de chlorophylle.

La branche privée de feuilles, et étudiée dans une région de même âge que la branche précédente, présente à peu près le même diamètre de section que cette dernière. Les cellules de l'épiderme sont très allongées radialement, leur paroi externe est fort peu cutinisée. Les cellules du collenchyme ont leurs parois moins épaissies et sont un peu moins larges. Les cellules chlorophylliennes, comparées aux éléments homologues de l'échantillon témoin, contiennent au moins un nombre double de chloroleucites ; elles sont un peu plus allongées perpendiculairement à la direction de l'épiderme ; certaines d'entre elles se divisent par des cloisons radiales.

On retrouve des différences analogues en comparant les pétioles privés de limbe aux pétioles intacts.

BELLE-DE-NUIT (*Mirabilis Jalapa*).

Morphologie externe.

Chez cette espèce, les feuilles sont opposées, la plante résiste bien à l'expérience.

Toutes les feuilles sont supprimées successivement chez certains échantillons. La tige de ces plantes devient plus verte que celles des pieds témoins, les entre-nœuds sont plus courts et un peu plus nombreux, mais les deux tiges présentent à peu près le même diamètre.

Morphologie interne.

Au-dessous de l'épiderme, dans la plante normale, on rencontre environ deux ou trois assises de tissu collenchymateux (fig. 13). En certains

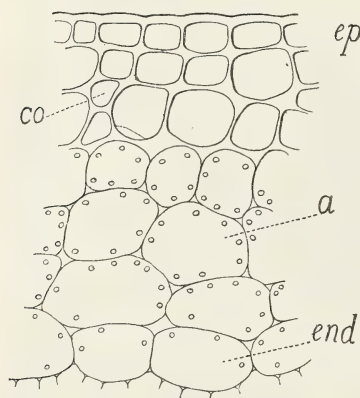


Fig. 13. — *Mirabilis Jalapa*. Tige normale (Portion d'une coupe transversale). — *ep*, épiderme; *co*, collenchyme; *a*, tissu assimilateur; *end*, endoderme. Gr = 350.

points, le collenchyme est interrompu ou réduit à une seule assise de cellules. Le parenchyme qui le remplace est constitué par des cellules assez riches en chlorophylle. Toutes ces cellules corticales, collenchymateuses ou non, sont à peu près isodiamétriques; cependant, un certain nombre d'entre elles sont rectangulaires et, dans ce cas, la dimension tangentielle est la plus grande.

Dans la plante qui a été privée de feuilles (fig. 14), la

coupe, que je compare à celle que je viens de décrire, a à peu près le même diamètre que cette dernière. Les cellules de l'épiderme sont cubiques au lieu d'être allongées dans le sens tangentiel comme chez l'échantillon témoin. Les cellules collenchymateuses sont un peu allongées dans le sens radial et elles sont d'autant plus grandes qu'elles appartiennent à une assise plus profonde. On en rencontre environ trois rangées concentriques. Les cellules situées en dedans du collenchyme sont au moins aussi allongées radialement que les cellules de ce collenchyme. A mesure que l'on s'approche

de l'endoderme, les éléments deviennent isodiamétriques et s'arrondissent dans la région où le collenchyme manque; les cellules sous-jacentes à l'épiderme sont gorgées de chlorophylle et ont subi un allongement radial considérable.

En somme, on observe, à la suite de la suppression des feuilles chez cette espèce, un allongement radial des cellules chlorophylliennes et collenchymateuses et une production beaucoup plus grande de chloroleucites.

Quant à la structure du cylindre central, elle est à peu près la même dans les deux cas; la lignification est légèrement moins accusée dans la plante qui a été privée de ses feuilles.

ASPERGE (*Asparagus officinalis*).

Pour cette espèce, l'expérience est un peu différente, car les feuilles des Asperges sont réduites à de petites écailles et les branches qui

les portent donnent naissance à des rameaux courts, qui jouent le rôle des feuilles absentes. Ces rameaux avortent après avoir produit un entre-nœud; ils ont la forme d'aiguilles et sont riches en chlorophylle.

Je supprime les rameaux assimilateurs d'une tige d'Asperge à mesure qu'ils se forment et pendant plusieurs semaines; la substitution des rameaux courts aux feuilles qui existe normalement doit donc s'effectuer d'une autre manière, et je vais comparer rapidement la tige privée de rameaux à la tige normale. L'expérience est faite sur de jeunes échantillons provenant de graines issues de la même plante.

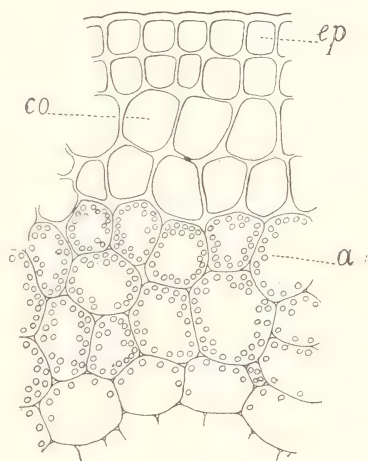


Fig. 14. — *Mirabilis Jalapa*. Tige qui a été effeuillée. (Mêmes lettres que pour la figure précédente.) Gr = 350.

Dans les deux cas, en des régions de même âge, les deux premières assises sous-épidermiques sont formées de cellules nettement allongées dans le sens radial et riches en chlorophylle. La troisième est composée d'éléments polygonaux à six côtés en général isodiamétriques chez la plante normale. A la suite de la suppression des rameaux assimilateurs, les cellules de cette troisième assise s'allongent considérablement. Dans ce dernier cas, l'écorce est relativement plus épaisse, les assises cellulaires qui la constituent sont souvent plus nombreuses ; enfin le fait plus frappant est la grande abondance de la chlorophylle dans la plante privée de feuilles.

2. — PÉTIOLES.

ROBINIER (*Robinia Pseudacacia*).

Dans le genre *Robinia*, la feuille est composée pennée. Après avoir, sur le même arbre, marqué deux feuilles très jeunes et éclairées de la même façon, je coupe toutes les folioles de l'une.

Les deux feuilles sont comparées lorsqu'elles ont acquis leur taille définitive depuis plusieurs jours. La feuille réduite à son axe est de taille plus petite que la feuille normale, mais elle présente une coloration verte beaucoup plus intense.

Dans la feuille normale (Pl. XXI, fig. 5), le tissu assimilateur forme une couche continue autour du pétiole ; il est séparé de l'épiderme par des paquets de collenchyme sur la face inférieure du pétiole et au niveau des crêtes qui limitent le sillon de la face supérieure, ainsi que sur le reste du contour, par une seule assise de cellules. A la face supérieure de ce pétiole, les cellules assimilatrices les plus extérieures présentent le caractère de tissu en palissade. A la face inférieure, au contraire, le tissu assimilateur n'est représenté que par deux ou trois assises de cellules très pauvres en

chlorophylle. Le système conducteur du pétiole de *Robinia* est formé d'un certain nombre de faisceaux libéroligneux disposés en un anneau central, puis de deux faisceaux latéraux et symétriques. Dans le pétiole normal, le péricycle est fortement sclérifié.

Dans le pétiole dépourvu de folioles (Pl. XXI, fig. 6), l'épiderme est formé de cellules allongées perpendiculairement à la surface de l'organe. Les stomates sont en beaucoup plus grand nombre que dans le pétiole normal. Le tissu assimilateur est beaucoup plus épais : il montre sur sa face supérieure un plus grand nombre d'assises palissadiques et ce caractère s'étend aux faces latérales. En bas, le nombre des assises chlorophylliennes s'élève à huit ou dix. De plus, les grains de chlorophylle sont beaucoup plus nombreux dans les cellules de ce tissu assimilateur que dans les cellules comparables de la feuille normale. Le péricycle du pétiole de la feuille sans folioles n'est presque pas sclérifié et les formations ligneuses et libériennes sont beaucoup moins abondantes.

Il ne s'agit pas d'un simple retard dans le développement, comme pourrait le faire croire le plus faible diamètre du pétiole sans folioles comparé au pétiole témoin.

D'abord un pétiole intact, mais un peu plus jeune que les précédents et de même volume que le pétiole dont on a supprimé les folioles, montre une coloration verte un peu plus foncée que celle d'un même organe plus âgé ; mais cette teinte verte n'est cependant jamais aussi intense que dans l'échantillon sans folioles. Il présente un épiderme, dont les cellules sont un peu moins tabulaires que celles de la feuille plus âgée, mais ne sont en aucune façon allongées perpendiculairement à la surface de l'organe, comme dans l'échantillon privé de folioles. Les stomates n'y sont pas aussi abondants que dans la feuille dont on a supprimé les folioles. Dans cette jeune feuille normale comparée à une autre complètement développée, le tissu assimilateur du pétiole est plus serré ; les cellules qui le constituent sont légèr-

ment plus allongées, les méats intercellulaires un peu plus petits; mais ces différences de structure dues à la jeunesse des différents éléments ne sont pas du tout comparables à celles signalées précédemment. Cependant, par ses tissus profonds, le pétiole sans folioles est assez semblable au jeune rachis que l'on considère en ce moment; en particulier, la lignification est dans les deux cas peu accusée.

En somme, malgré la grande abondance du tissu chlorophyllien dans le pétiole privé de folioles, ce dernier produit moins de tissu libéroligneux et les éléments de soutien se différencient peu.

ARACHIDE (*Arachis hypogæa*).

Morphologie externe.

Les graines de cette petite plante se développent facilement dans nos pays; les différents échantillons ont bien résisté aux mutilations que je leur ai fait subir.

La feuille est composée pennée, les folioles sont au nombre de deux ou trois de chaque côté; on remarque deux stipules adhérents à la base du pétiole. Ce pétiole est arrondi à sa face inférieure et excavé en une large gouttière à sa face supérieure.

A la suite de la suppression des folioles, le rachis s'allonge moins que dans la feuille témoin; mais les dimensions transversales sont à peu près les mêmes dans les deux échantillons.

Morphologie interne.

Pétiole normal. — Dans la feuille normale (fig. 15), l'épiderme a ses cellules légèrement allongées tangentiellement; l'assise sous-jacente à l'épiderme est formée d'éléments isodiamétriques ne contenant pas de grains de chlorophylle. Cette assise se continue au niveau des saillies longitudinales qui limitent la gouttière supérieure avec un îlot de

collenchyme. Vers la partie inférieure du pétiole, on constate deux assises de cellules sans chlorophylle ; ces éléments des cellules constituent un tissu collenchymateux à gros éléments, les membranes sont épaissies vers les angles. Le tissu assimilateur est donc séparé de l'épiderme par une seule assise de cellules en haut et latéralement, par deux en bas et par un paquet de collenchyme au niveau des crêtes qui bordent la face supérieure. Ce tissu est formé de cellules presque toutes arrondies dont la richesse en chlorophylle dépend de la position qu'elles occupent. Les éléments qui contiennent le plus de chloroleucites sont situés en haut, ils correspondent à la face supérieure du pétiole.

Dans les régions inférieures, les cellules sont plus pauvres en chlorophylle et allongées légèrement suivant le sens tangentiel.

Pétiole qui a été privé de folioles. — Dans le pétiole privé de folioles (fig. 16), l'épiderme est formé de cellules qui, en coupe transversale, ont une forme carrée ou rectangulaire à plus grande dimension dans le sens perpendiculaire à la surface de l'organe. Il diffère aussi de l'épiderme du pétiole précédent par le nombre des stomates qui deviennent plus abondants à la suite de la suppression du limbe. Du côté de la face supérieure du pétiole, ainsi que sur les faces latérales, l'assise sous-épidermique est, comme dans le pétiole témoin, formée de gros éléments à peu près isodiamétriques. Les paquets collenchymateux latéraux conservent le même aspect.

Le tissu assimilateur est celui qui subit les modifications les plus accentuées. Comme dans le pétiole normal, l'assise sous-jacente à l'épiderme dont j'ai parlé plus haut reste dépourvue de chlorophylle, mais cette substance se forme dans un plus grand nombre d'assises profondes. Vers la face supérieure, les cellules qui en contiennent, au lieu d'être arrondies, s'allongent et prennent la forme d'ellipses ou de rec-

tangles à angles arrondis, la plus grande dimension étant perpendiculaire à la surface du pétiole. Au-dessous des îlots de collenchyme, les cellules sont les unes allongées dans le même sens que les précédentes, les autres arrondies. Sur les faces latérales, elles ont un diamètre radial d'autant plus grand qu'elles sont plus voisines de la face supérieure. La chlorophylle est beaucoup plus abondante

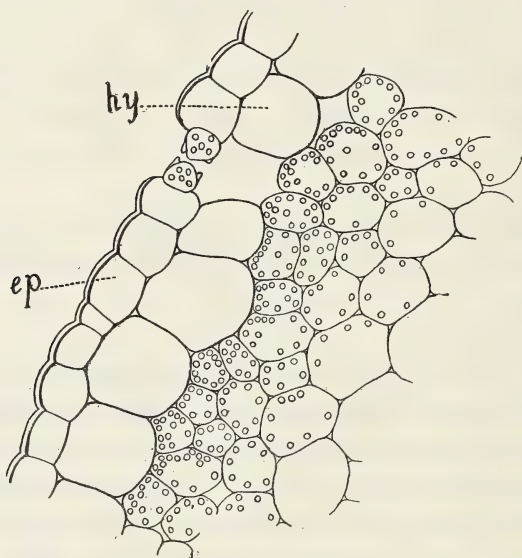


Fig. 15. — *Arachis hypogæa*. Pétiole normal (Partie de la face supérieure).
ep, épiderme; hy, assise sous-épidermique; a, tissu assimilateur. Gr = 350.

dans les cellules assimilatrices de ce pétiole que dans les cellules homologues du pétiole témoin.

En résumé, le parenchyme assimilateur est formé d'un plus grand nombre d'assises chlorophylliennes et la chlorophylle y est beaucoup plus abondante.

AILANTE (*Ailantus glandulosa*).

Les conditions d'éclairement étant les mêmes, je marque deux feuilles très jeunes, et sur l'une je coupe toutes les folioles en les laissant à l'autre.

Le pétiole de l'Ailante est élargi en bas, aminci vers le haut où il se termine par une crête longitudinale quelquefois échancrée par un léger sillon ; cette crête a une coloration brune qui s'étend plus ou moins loin sur le reste du pétiole.

Légèrement plus court et un peu plus grêle que dans la

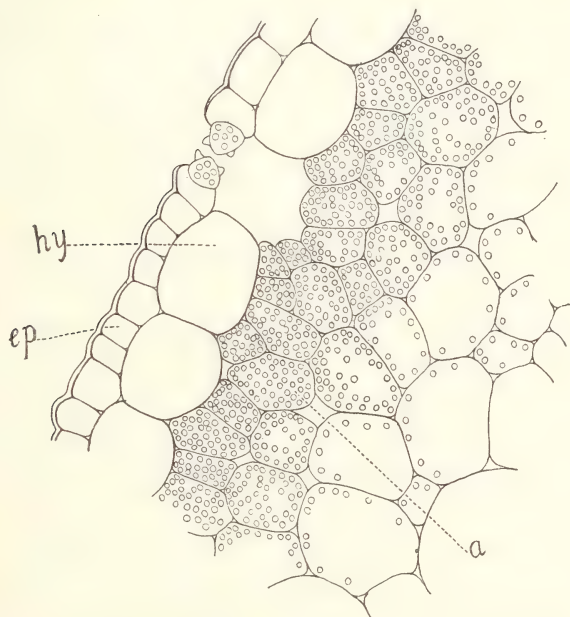


Fig. 16. — *Arachis hypogæa*. Pétiole qui a été privé de folioles. (Même région que pour la figure précédente. — Mêmes lettres.) Gr = 350.

feuille normale, le pétiole sans folioles est d'un vert plus foncé.

Dans la feuille normale, la chlorophylle est répartie dans différents tissus externes de l'écorce, principalement dans les cellules à parois minces situées latéralement et un peu en haut ; les chloroleucites sont relativement peu abondantes. A la partie supérieure, on trouve du collenchyme correspondant à la crête que j'ai mentionnée ; ce collenchyme limite fréquemment quelques cellules chlorophylliennes à parois minces. L'épiderme est formé de cellules rectangu-

laïres, dont la plus grande dimension est tangentielle; l'assise sous-épidermique est en majeure partie formée d'éléments isodiamétriques ou légèrement aplatis perpendiculairement à l'épiderme; plus profondément, les cellules sont polygonales et le diamètre tangentiel est toujours le plus grand. Ce pétiole comprend d'abord un anneau complet de faisceaux libéroligneux et, en outre, deux faisceaux symétriques à l'intérieur du cercle formé par les précédents. En dehors du liber, il existe un anneau continu de fibres lignifiées.

Dans le pétiole privé de folioles, l'épiderme a ses cellules plus allongées; la plus grande dimension de ces éléments est perpendiculaire à la surface de l'organe. Les cellules de l'assise sous-épidermique ont un diamètre radial de beaucoup supérieur aux autres et constituent une assise palissadique; les cellules sous-jacentes sont, elles aussi, allongées dans le sens radial et chlorophylliennes. De sorte que dans les régions essentiellement assimilatrices qui correspondent à celles que j'ai mentionnées plus haut dans le pétiole témoin, on rencontre quatre ou cinq assises de cellules allongées toutes dans le sens radial et renfermant beaucoup de grains de chlorophylle.

En somme, chez cette espèce la destruction des folioles a provoqué une modification très appréciable de la forme des cellules corticales et une surproduction de chlorophylle. Au point de vue de la différenciation des tissus profonds, il existe peu de différences entre les deux cas; cependant, les formations libéroligneuses sont un peu plus épaisses dans le pétiole intact, les vaisseaux un peu plus gros; la moelle est aussi plus lignifiée.

J'ai dit plus haut que le pétiole privé de folioles a un diamètre légèrement inférieur à celui des pétioles témoins de même âge. Je vais donc, comme je l'ai fait pour le genre *Robinia*, opposer à la structure de ces organes la constitution anatomique d'un pétiole normal un peu plus jeune qu'eux et de même diamètre que le rachis en expérience. Les cellules épidermiques d'un tel pétiole sont isodiamé-

triques. Parmi les éléments à paroi mince situés plus profondément, quelques-uns, il est vrai, ont un diamètre radial légèrement supérieur aux autres; mais la chlorophylle y est moins abondante que dans le pétiole privé de folioles.

Quant aux tissus profonds, ils sont chez cette jeune feuille relativement peu différenciés; sur l'anneau libéroligneux, la lignification n'a encore atteint qu'un nombre restreint de cellules; les fibres situées en dehors du liber ne sont pas lignifiées non plus, alors qu'elles le sont dans le pétiole sans folioles.

La structure du jeune pétiole est donc très différente de celle du rachis qui s'est développé sans folioles.

3. — ASSIMILATION ET TRANSPIRATION.

I. — Assimilation.

Après avoir obtenu les résultats anatomiques précédents sur le balancement organique dont il vient d'être question, j'ai pensé qu'il était intéressant de compléter mes recherches par quelques expériences physiologiques. J'ai étudié comparativement, au point de vue de la décomposition de l'acide carbonique, des plantes qui, pendant leur développement, ont été privées de leurs parties spécialement assimilatrices, d'une part, et des plantes intactes, d'autre part.

Pour ces recherches, j'introduisais les portions de tiges ou les pétioles dans de petites éprouvettes en verre qui reposaient sur le mercure. Pour que les différences fussent faciles à constater, l'atmosphère qui entourait les organes étudiés renfermait environ 8 p. 100 d'acide carbonique et était saturée d'humidité par quelques gouttes d'eau introduites dans l'éprouvette.

Les tubes contenant les différents organes à comparer étaient mis côte à côte et exposés soit à la lumière diffuse, soit le plus souvent à la lumière directe du soleil. Dans ce

dernier cas, pour éviter une trop grande élévation de la température, les tubes étaient placés sous une cloche à doubles parois entre lesquelles circulait un courant continu d'eau fraîche. J'ai ainsi pu placer mes échantillons au soleil et les maintenir à une température d'environ 23 degrés.

Toutes les conditions étant les mêmes de part et d'autre, les variations observées proviennent uniquement de la nature des tissus des plantes que l'on compare.

Il importait de connaître, non pas les surfaces absolues des différents échantillons étudiés, mais les rapports des surfaces respectives des organes sur lesquels on expérimente. Comme dans chaque expérience les sections transversales des organes comparés étaient toujours à peu près semblables, en prenant les carrés des diamètres des échantillons et en tenant compte des longueurs de ces échantillons, j'ai obtenu les rapports cherchés.

Les analyses des gaz ont été faites avec l'appareil de MM. Bonnier et Mangin.

Faba vulgaris. — J'ai comparé la tige d'une Fève effeuillée d'une part à une région de même âge d'une tige intacte, d'autre part à une tige plus jeune mais de même diamètre que la tige privée de feuilles.

En prenant pour unité la quantité d'acide carbonique décomposée pour une même surface par l'organe qui assimile le moins, j'ai obtenu les résultats suivants :

1 ^{re} Expérience.	{ Tige qui a été privée de feuilles.....	3,25
	{ — normale de même diamètre....	1,3
	{ — — de même âge.....	1
2 ^e Expérience.	{ Tige qui a été privée de feuilles.....	2,80
	{ — normale de même diamètre....	1,4
	{ — — de même âge.....	1
3 ^e Expérience.	{ Tige qui a été privée de feuilles.....	2,75
	{ — normale de même diamètre....	1,2
	{ — — de même âge.....	1

D'après ces chiffres, ainsi que d'après les recherches anatomiques précédentes, une portion jeune de tige normale

possède, à égalité de surface, plus de chlorophylle qu'une portion âgée et assimile davantage; mais une tige privée de feuilles assimile bien plus encore; cette dernière ne se présente donc pas, comparée à une tige normale, comme une portion qui serait plus jeune et un peu plus chlorophyllienne; la quantité de chlorophylle qu'elle contient est beaucoup plus considérable et son assimilation est beaucoup plus intense.

Robinia Pseudacacia. — Ici, ce sont les pétioles privés de folioles que je compare à des pétioles intacts de même âge et à d'autres pétioles plus jeunes et de même volume que les pétioles mutilés. Pour apprécier les rapports des surfaces, je me suis servi des diamètres de la région moyenne des organes comparés et des longueurs respectives des échantillons.

En exprimant les résultats comme je l'ai fait pour la Fève, j'ai obtenu les différences suivantes :

1 ^{re} Expérience.	{	Pétiole qui a été privé de folioles.....	2,6
		— jeune de même diamètre.....	1,4
		— normal.....	1
2 ^e Expérience.	{	Pétiole qui a été privé de folioles.....	2,5
		— jeune de même diamètre.....	1,5
		— normal.....	1
3 ^e Expérience.	{	Pétiole qui a été privé de folioles.....	2,39
		— jeune de même diamètre.....	1,45
		— normal.....	1

Les résultats obtenus avec les pétioles de *Robinia* sont donc les mêmes que ceux fournis par les tiges de Fève.

Sarothamnus scoparius. — Chez cette plante, les portions de même âge des tiges effeuillées et des tiges témoins ont sensiblement le même diamètre; aussi je n'ai comparé que deux échantillons. Le rapport des surfaces pour une même longueur de tige a été comme précédemment établi d'après le carré des diamètres des organes étudiés.

1 ^{re} Expérience.	{	Tige qui a été privée de feuilles.....	4,6
		— normale de même âge.....	1

2 ^e Expérience.	{ Tige qui a été privée de feuilles.....	1,5
	{ — normale de même âge.....	1
3 ^e Expérience.	{ Tige qui a été privée de feuilles.....	1,3
	{ — normale de même âge.....	1

Lathyrus odoratus. — Ici encore, j'ai choisi pour les comparer des portions de tiges de même âge et de même diamètre.

1 ^{re} Expérience.	{ Tige qui a été privée de feuilles.....	1,3
	{ — normale.....	1
2 ^e Expérience.	{ Tige qui a été privée de feuilles.....	1,4
	{ — normale.....	1
3 ^e Expérience.	{ Tige qui a été privée de feuilles.....	1,35
	{ — normale.....	1

En résumé, les résultats physiologiques concordent donc absolument avec les différences anatomiques que j'ai signalées.

II. — Transpiration.

J'ai aussi voulu étudier les variations de la transpiration correspondant aux différences anatomiques indiquées chez les plantes qui ont été privées de leurs feuilles. J'ai employé, pour ces expériences, les appareils à transpiration bien connus constitués par un tube calibré terminé par une partie recourbée et un peu élargie où plonge l'organe en expérience.

L'organe privé de feuilles antérieurement est comparé à un organe normal dont les feuilles sont sectionnées immédiatement avant l'expérience. Les blessures résultant de la section des feuilles sont fermées à l'aide de cire molle.

Les plantes ont transpiré pendant quatre heures consécutives à une température d'environ 26 degrés, et des lectures ont été faites toutes les heures. En tenant compte des rapports des surfaces étudiées, j'ai toujours trouvé que les échantillons qui ont poussé sans feuilles transpirent plus à surface égale que les échantillons témoins. Ainsi, en prenant pour unité l'intensité transpiratoire de l'organe qui transpire le moins, j'ai obtenu les résultats suivants :

Intensité transpiratoire
à surfaces égales.

Chez la Fève :

1 ^{re} Expérience.	{	Tige qui a été privée de feuilles.....	1,7
		— normale de même âge.....	1
2 ^e Expérience.	{	Tige qui a été privée de feuilles.....	1,6
		— normale de même âge.....	1

Chez le Robinier :

1 ^{re} Expérience.	{	Pétiole qui a été privé de folioles.....	1,7
		— normal de même âge.....	1
2 ^e Expérience.	{	Pétiole qui a été privé de folioles.....	1,8
		— normal de même âge.....	1

Les autres espèces étudiées ont donné des résultats absolument analogues.

Pour la transpiration comme pour l'assimilation, les résultats physiologiques concordent donc avec les résultats anatomiques.

RÉSUMÉ.

On peut donc conclure de toutes ces recherches : la suppression des feuilles ou du limbe de ces feuilles provoque chez la plupart des plantes :

1° Une coloration verte beaucoup plus foncée des tiges ou pétioles, due à la production d'un beaucoup plus grand nombre de grains de chlorophylle dans les différentes cellules de leur tissu assimilateur ;

2° Une modification de la forme des cellules de ce tissu qui sont plus allongées dans le sens radial ; la production de tissu en palissade, ou l'augmentation des assises palissadiques quand ce tissu existe déjà ;

3° Une augmentation du nombre des assises cellulaires qui contiennent de la chlorophylle ;

4° La production d'un beaucoup plus grand nombre de stomates ;

5° Une modification de forme des cellules épidermiques dont le diamètre tangentiel se réduit beaucoup ;

6° Une assimilation chlorophyllienne plus intense pour une même surface, une transpiration également plus forte.

En un mot, si l'on supprime les organes spécialement

assimilateurs, grâce à une sorte de balancement organique, le tissu chlorophyllien des tiges ou des pétioles se développe beaucoup.

Cependant, le remplacement est assez incomplet en général, et l'organe privé de feuilles subit un retard dans son développement; il grandit moins vite que l'organe intact; la lignification y est moins avancée, le tissu de soutien moins différencié; le diamètre total est assez souvent plus faible. Il ne faudrait cependant pas croire que les organes privés de feuilles sont restés à un stade de développement moins avancé que les organes normaux, stade que l'on retrouverait dans un état jeune de cet organe normal. Les cellules assimilatrices des pétioles et des tiges des plantes contiennent souvent, il est vrai, à un certain âge, plus de chlorophylle que lorsqu'elles sont plus âgées : ces cellules sont souvent un peu plus allongées radialement. Mais, si l'on compare les échantillons qui ont poussé sans feuilles à de jeunes organes témoins qui ont atteint le même diamètre, on constate que dans ces derniers le tissu assimilateur est loin d'être aussi différencié : les stomates sont loin d'être aussi nombreux que dans l'échantillon qui a été privé de feuilles. Ce n'est donc pas uniquement à un ralentissement du développement que sont dues les différences que j'ai signalées, comme pourrait le faire supposer le diamètre un peu plus faible des échantillons mutilés, comparés aux échantillons témoins, et la teinte verte un peu plus foncée que l'on remarque assez souvent dans les parties jeunes des plantes, comparativement aux régions complètement développées.

Il y a réellement chez les plantes privées de feuilles un mode de développement spécial, grâce auquel les organes détruits sont remplacés partiellement.

CONCLUSIONS

Je rappellerai ici les principaux résultats énoncés dans les différents chapitres qui constituent ce travail.

I. — RACINE.

Les radicules qui remplacent une partie détruite d'une racine principale modifient leur structure, et une telle ramification comparée à une radicule normale présente :

1° Un nombre de faisceaux primaires souvent plus considérable, soit que la radicule possède dès son apparition cette modification dans le nombre de ses faisceaux, comme on le rencontre fréquemment dans les genres *Faba*, *Ricinus*, etc. ; soit que la radicule augmente progressivement le nombre de ses faisceaux, comme je l'ai signalé dans le genre *Arachis* ;

2° Des faisceaux formés de vaisseaux plus nombreux et d'un plus fort calibre ;

3° Un cylindre central, en général relativement plus volumineux ;

4° Des formations secondaires beaucoup plus abondantes et beaucoup plus précoces.

Mais les différences que je viens de signaler entre une radicule de remplacement et une ramification normale, on les retrouve encore plus accusées entre une racine principale normale et une de ses radicules. C'est ainsi que le nombre des faisceaux est fréquemment plus élevé dans la racine principale que dans les ramifications auxquelles elle donne naissance (*Faba*, *Arachis*, etc.). Les vaisseaux sont aussi plus nombreux et de calibre plus grand dans l'axe de premier ordre. Quant au diamètre relatif du cylindre central, il est souvent plus grand dans la racine principale que

dans les radicules, et les formations secondaires sont plus abondantes dans la racine de premier ordre.

En somme, on peut dire que tant par sa structure primaire que par l'abondance de ses formations secondaires, une radicule de remplacement se rapproche plus d'une racine principale que d'une ramification normale.

II. — TIGE.

Les résultats fournis par la tige ressemblent beaucoup à ceux qui viennent d'être énoncés à propos de la racine. Considérons une branche de remplacement, qui, comme on le sait, change de direction, se recourbe et devient verticale, et comparons cette branche à une ramification normale. Au point de vue de la morphologie interne, on constate que dans le rameau de remplacement :

1° Le diamètre du cylindre central est relativement plus grand et inversement l'épaisseur de l'écorce plus faible. Pour le cylindre central, les différences observées sont dues à la fois à la plus grande quantité de formations libéroligneuses, et souvent aussi au volume plus considérable de la moelle ;

2° Les éléments cellulaires sont en général plus grands ; c'est surtout la différence de calibre des vaisseaux primaires et secondaires qui est très accusée ; il en est de même des cellules de la moelle ;

3° Le tissu de soutien est plus abondant : par exemple, les fibres péricycliques sont plus nombreuses, mieux différenciées, et le collenchyme plus développé ;

4° Les méristèmes fonctionnent plus activement : ce sont principalement les cellules du méristème terminal et celles de l'assise génératrice libéroligneuse qui ont une vitalité beaucoup plus grande ; c'est surtout ce qui explique l'allongement plus rapide de la branche de remplacement, et l'épaisseur plus considérable de ses formations secondaires.

Par ces différences, la structure d'une branche de remplacement se rapproche de celle d'une tige principale.

On peut même dire que les branches latérales, qui remplacent la portion détruite d'une tige principale, subissent souvent des modifications assez profondes, pour qu'elles arrivent progressivement à ressembler plus, tant par leur structure que par leur aspect extérieur, à l'axe auquel elles se substituent qu'aux branches dont elles sont les homologues.

III. — REMPLACEMENT DES FEUILLES PAR LES TIGES.

Ici, le remplacement est d'un tout autre ordre. Ce ne sont plus des organes analogues à la partie détruite de la plante, dont la structure se modifie pour se rapprocher de celle de la portion du végétal à laquelle ils se substituent. C'est une autre portion, tout à fait différente de la partie détruite, qui va modifier sa structure, et remplacer dans une certaine mesure les organes détruits. Les principaux résultats sont les suivants :

La suppression des feuilles ou du limbe de ces feuilles provoque chez la plupart des plantes :

1° Une coloration beaucoup plus foncée des tiges ou pétioles, due à la production d'un beaucoup plus grand nombre de grains de chlorophylle dans les différentes cellules du tissu assimilateur ;

2° Une modification de la forme des cellules de ce tissu, qui sont plus allongées dans le sens radial. Une production de tissu palissadique, ou une augmentation du nombre des assises de ce tissu, quand il existe déjà ;

3° Une augmentation du nombre des assises cellulaires qui contiennent de la chlorophylle ;

4° La présence d'un beaucoup plus grand nombre de stomates.

Les modifications dans le rôle physiologique sont en rapport avec les changements de structure qui viennent d'être signalés.

Dans une tige qui a été privée de feuilles, l'assimilation

chlorophyllienne et la transpiration pour une même surface ont une plus grande intensité que dans les organes normaux.

En somme, si l'on supprime les organes spécialement assimilateurs, grâce à une sorte de balancement organique, le tissu chlorophyllien des tiges ou pétioles se développe beaucoup.

Dans toutes les expériences qui ont été signalées dans ce travail, les conditions de végétation étaient absolument les mêmes pour les individus mutilés et les échantillons intacts auxquels ils ont été comparés. Les différents résultats que je viens d'exposer montrent bien que la plante blessée tend toujours à acquérir les éléments histologiques disparus avec les organes qu'on lui supprime ; qu'elle cherche toujours à reprendre une constitution anatomique comparable à celle des plantes intactes qui vivent à ses côtés. En somme, la plante répare dans une certaine mesure le dommage qui lui est causé.

Fréquemment, le remplacement des parties constitutives détruites suffit largement à la vie de l'individu blessé, par suite des modifications anatomiques des organes qui remplacent ces parties détruites, et la plante semble ne pas souffrir de sa mutilation (modifications de la structure des radicelles, qui se substituent à la racine principale, et des branches qui jouent le rôle de tiges de premier ordre).

Dans d'autres cas, les lésions du végétal sont trop importantes et se font d'une façon trop continue pour que les individus blessés atteignent un développement comparable à celui des échantillons témoins. La plante cependant résiste, modifie la structure des organes qui lui restent, et continue à vivre (tissu assimilateur des tiges privées de feuilles).

Ce travail a été fait au Laboratoire de Botanique de la Sorbonne et principalement au Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau.

Qu'il me soit permis de témoigner, à M. Gaston Bonnier, Directeur de ces deux Laboratoires, toute ma reconnaissance

pour les excellents conseils et les nombreux encouragements qu'il n'a cessé de me prodiguer.

J'adresse aussi mes plus sincères remerciements à M. Dufour, Directeur adjoint du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, pour les précieux renseignements qu'il m'a donnés pendant le cours de ces recherches.

EXPLICATION DES PLANCHES

Lettres communes.

a, tissu assimilateur. — *ap*, assise pilifère. — *b*, bois. — *bs*, bois secondaire. — *co*, collenchyme. — *end*, endoderme. — *ep*, épiderme. — *fbp*, faisceau ligneux primaire. — *flp*, faisceau libérien primaire. — *l*, liber. — *la*, lacune. — *ls*, liber secondaire. — *m*, moelle. — *p*, péricycle. — *pal*, tissu palissadique. — *scl*, sclérenchyme. — *st*, stomate. — *ad*, racine adventive. — *N*, tige normale ou pétiole normal. — *P*, tige qui a été privée de feuilles, ou pétiole qui s'est développé sans folioles. — *R*, racine principale. — *R'*, racine de remplacement. — *r*, radicelle normale. — *T*, tige principale. — *T'*, tige de remplacement. — *t*, rameau normal.

PLANCHE XVII.

Fig. 1 et 2. — *Faba vulgaris*, dont l'extrémité de la racine principale a été supprimée et montrant de jeunes radiculles de remplacement sortant par la surface de section.

Fig. 3. — *Faba vulgaris*. Radiculles de remplacement plus âgées et déjà ramifiées.

Fig. 4. — *Faba vulgaris*. Radiculles coalescentes, à direction verticale et sortant par la tranche.

Fig. 5, 6 et 7. — *Lupinus albus*. Racine de premier ordre, dont la partie terminale a été sectionnée et présentant deux radiculles de remplacement. — 5. Deux radiculles également développées. — 6 et 7. Deux racines dont l'une est beaucoup plus développée que l'autre.

Fig. 8. — *Daucus Carota*. Pied normal.

Fig. 9. — *Daucus Carota*, dont la racine a été coupée et montrant trois grosses radiculles de remplacement.

Fig. 10. — *Zea Mays*. Pied chez lequel les racines adventives et les radi-

celles ont été supprimées ; la racine principale acquiert une longueur considérable.

Fig. 11. — *Zea Mays*. Pied témoin ayant sa racine principale moins longue que chez l'échantillon de la figure 10.

PLANCHE XVIII.

Fig. 1. — *Faba vulgaris*. Coupe transversale d'une racine principale normale. Gr = 180.

Fig. 2. — *Faba vulgaris*. Coupe transversale d'une radicelle normale. Gr = 180.

Fig. 3. — *Faba vulgaris*. Coupe transversale d'une racine de remplacement qui est née après le sectionnement ; elle a cinq faisceaux ligneux comme la racine principale. Gr = 180.

Fig. 4. — *Faba vulgaris*. Coupe transversale d'une racine de remplacement qui était déjà née avant le sectionnement ; elle n'a que quatre faisceaux ligneux ; mais ces faisceaux sont plus volumineux que dans la radicelle normale. Gr = 180.

PLANCHE XIX.

Fig. 1. — *Arachis hypogæa*. Coupe transversale d'une racine principale normale (trois faisceaux ligneux). Gr = 350.

Fig. 2. — *Arachis hypogæa*. Coupe transversale d'une radicelle normale (deux faisceaux ligneux). Gr = 350.

Fig. 3. — *Arachis hypogæa*. Radicelle de remplacement ; un nouveau faisceau ligneux s'est formé dans l'intervalle des deux branches de bifurcation d'un faisceau libérien. Gr = 350.

Fig. 4. — *Arachis hypogæa*. Radicelle de remplacement ayant trois faisceaux ligneux. Gr = 350.

PLANCHE XX.

Fig. 1. — *Phaseolus multiflorus*. Tige principale (portion d'une coupe transversale). Gr = 262.

Fig. 2. — *Phaseolus multiflorus*. Branche latérale normale (portion d'une coupe transversale). Gr = 262.

Fig. 3. — *Phaseolus multiflorus*. Branche de remplacement (portion d'une coupe transversale). Gr = 262.

PLANCHE XXI.

Fig. 1. — *Genista tinctoria*. Tige normale (portion d'une coupe transversale). Gr = 350.

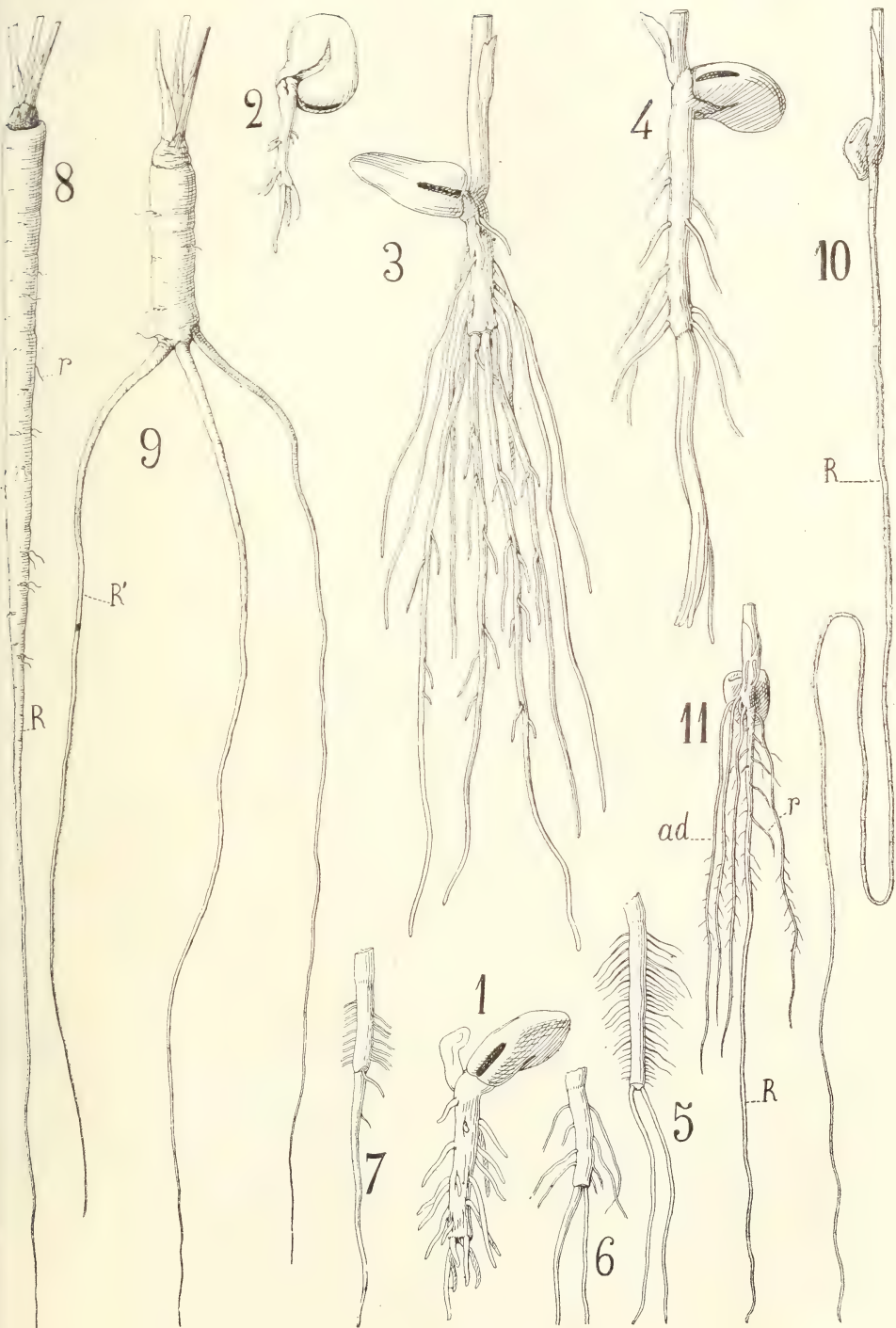
Fig. 2. — *Genista tinctoria*. Tige qui a été effeuillée (portion d'une coupe transversale). Gr = 350.

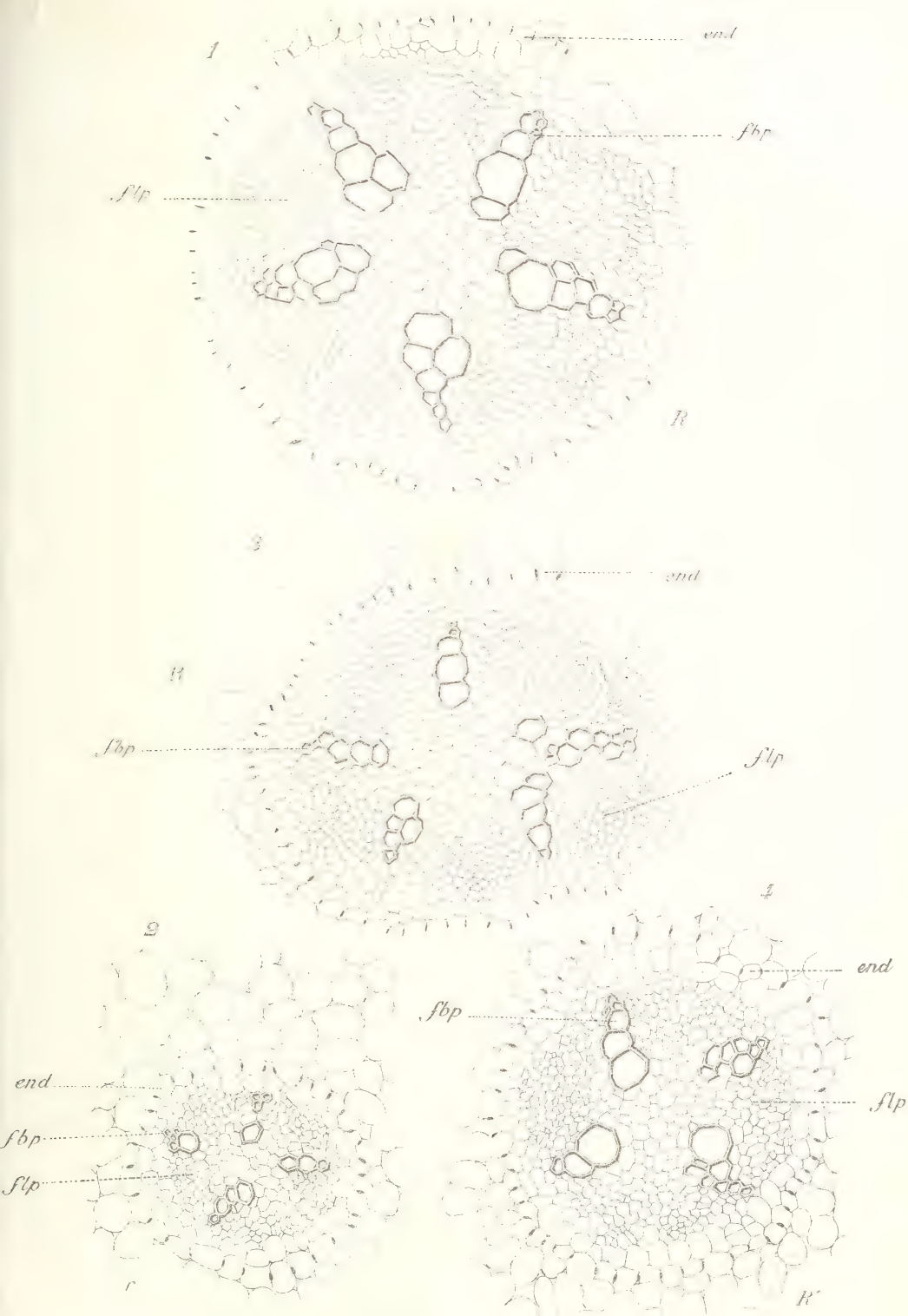
Fig. 3. — *Chenopodium album*. Tige normale. Gr = 350.

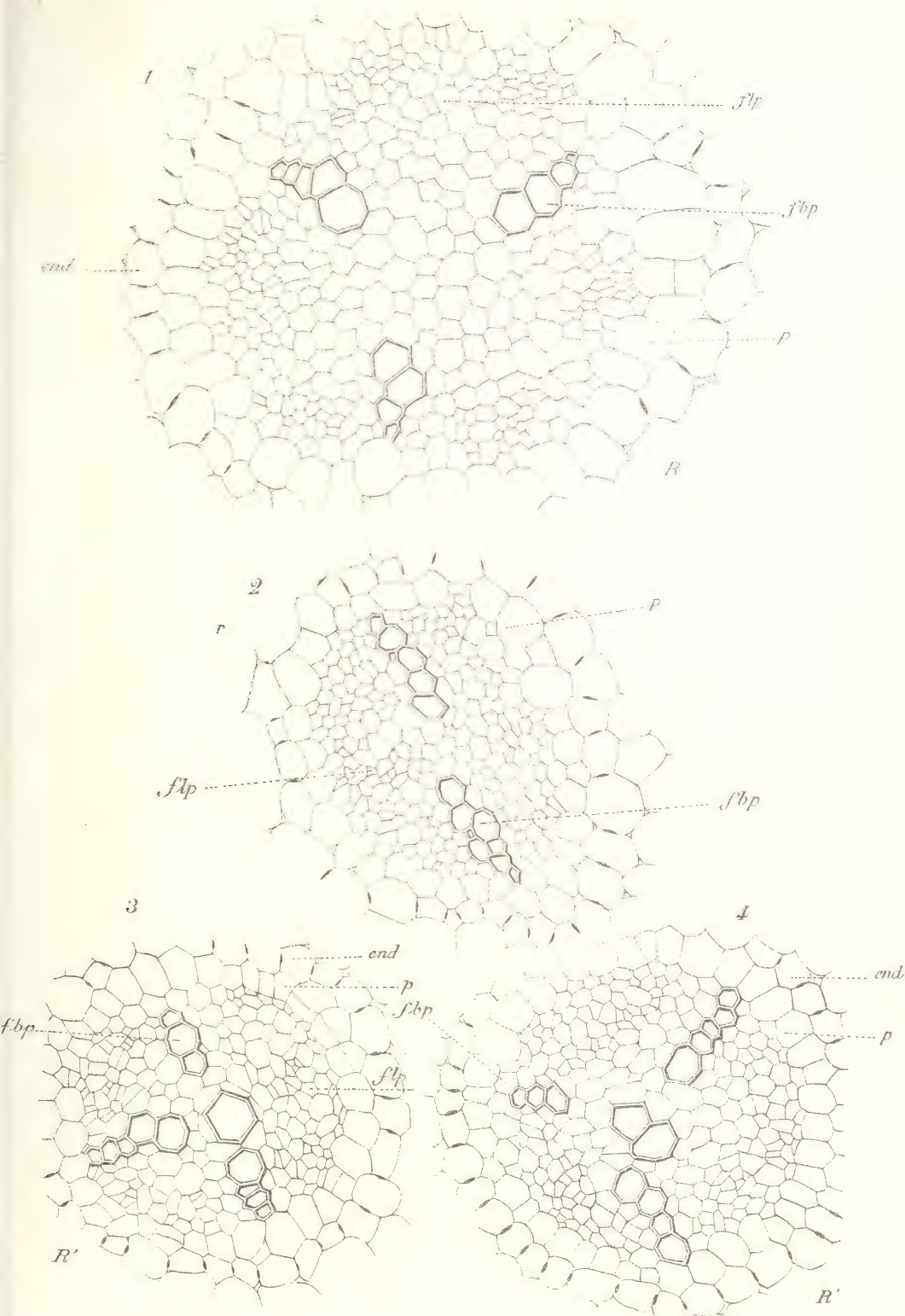
Fig. 4. — — Tige qui a été effeuillée. Gr = 350.

Fig. 5. — *Robinia Pseudacacia*. Pétiole normal (portion de la face supérieure). Gr = 350.

Fig. 6. — *Robinia Pseudacacia*. Pétiole qui a été privé de folioles (même région que pour la figure précédente). Gr = 350.







Boirivant, del.

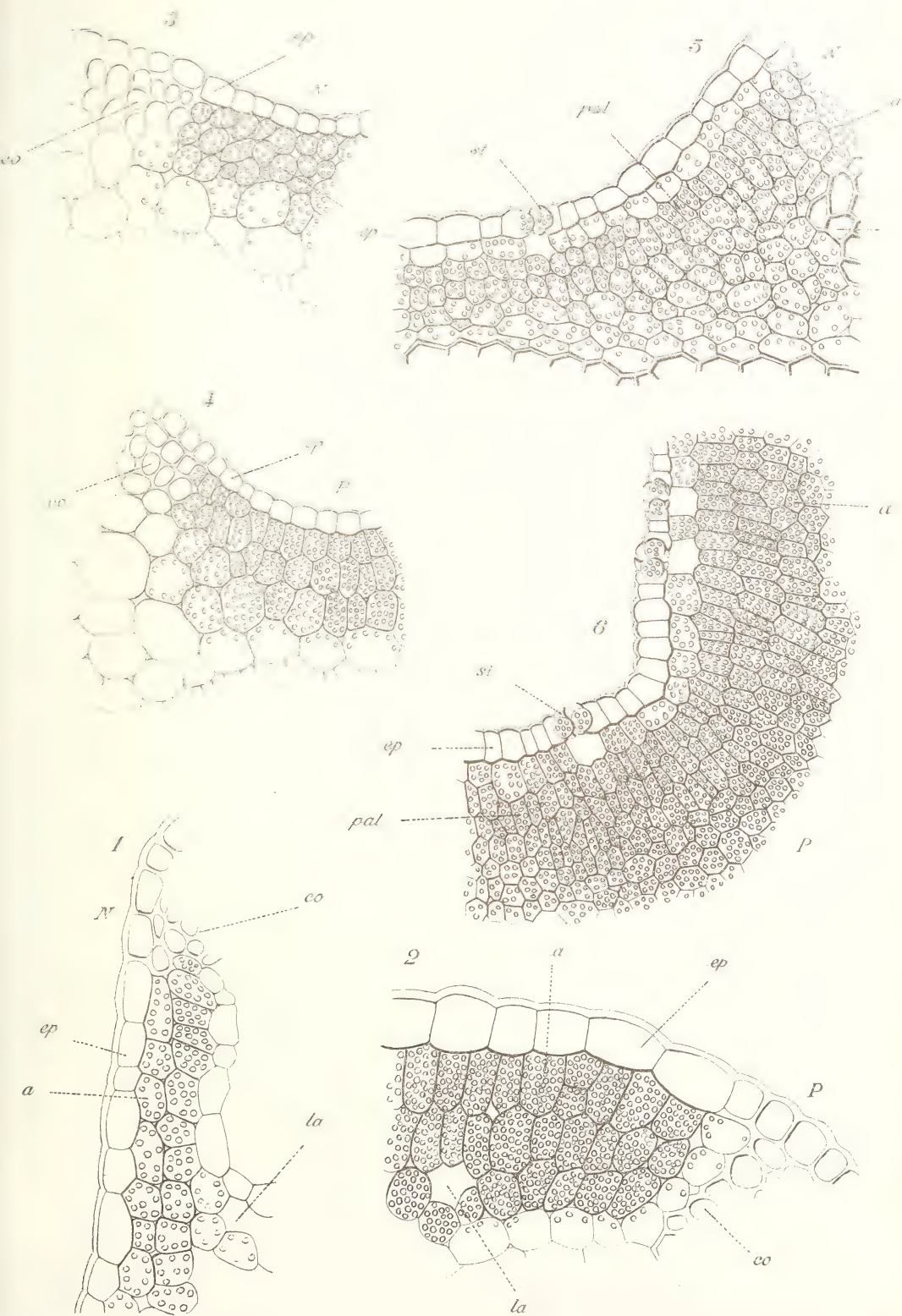
Masson et C^{ie}, Éditeurs.

Bénard, sc.

Arachis hypogaea.

Imp^{ies} Lemerrier, Paris.





Boirivant, del.

Masson et C^{ie}, Editeurs.

Bénard, sc.

Genista tinctoria (1 et 2). — *Chenopodium album* (3 et 4).

Robinia Pseudacacia (5 et 6).

Impr. L. J. Leconte, Paris.

TABLE DES ARTICLES

CONTENUS DANS CE VOLUME

Recherches anatomiques et taxinomiques sur les Rosiers, par M. P. PAR- MENTIER.....	1
Les centres cinétiques chez les végétaux, par M. L. GUIGNARD.....	177
Recherches physiologiques sur la fleur, par M. G. CURTEL.....	221
Recherches sur les organes de remplacement chez les plantes, par M. A. BOIRIVANT ...	307

TABLE DES MATIÈRES

PAR NOMS D'AUTEURS

BOIRIVANT (A.). — Recherches sur les organes de remplacement chez les plantes.....	307
CURTEL (G.). — Recherches physiologiques sur la fleur.....	221
GUIGNARD (L.). — Les centres cinétiques chez les végétaux.....	177
PARMENTIER (P.). — Recherches anatomiques et taxinomiques sur les Rosiers.....	1

TABLE DES PLANCHES

CONTENUES DANS CE VOLUME

Planches	I à VIII. — Structure des Rosiers.
—	IX à XI. — Centres cinétiques.
—	XII à XVI. — Physiologie de la fleur.
—	XVII à XXI. — Organes de remplacement.
Figures dans le texte 1 à 16. — Organes de remplacement.	

